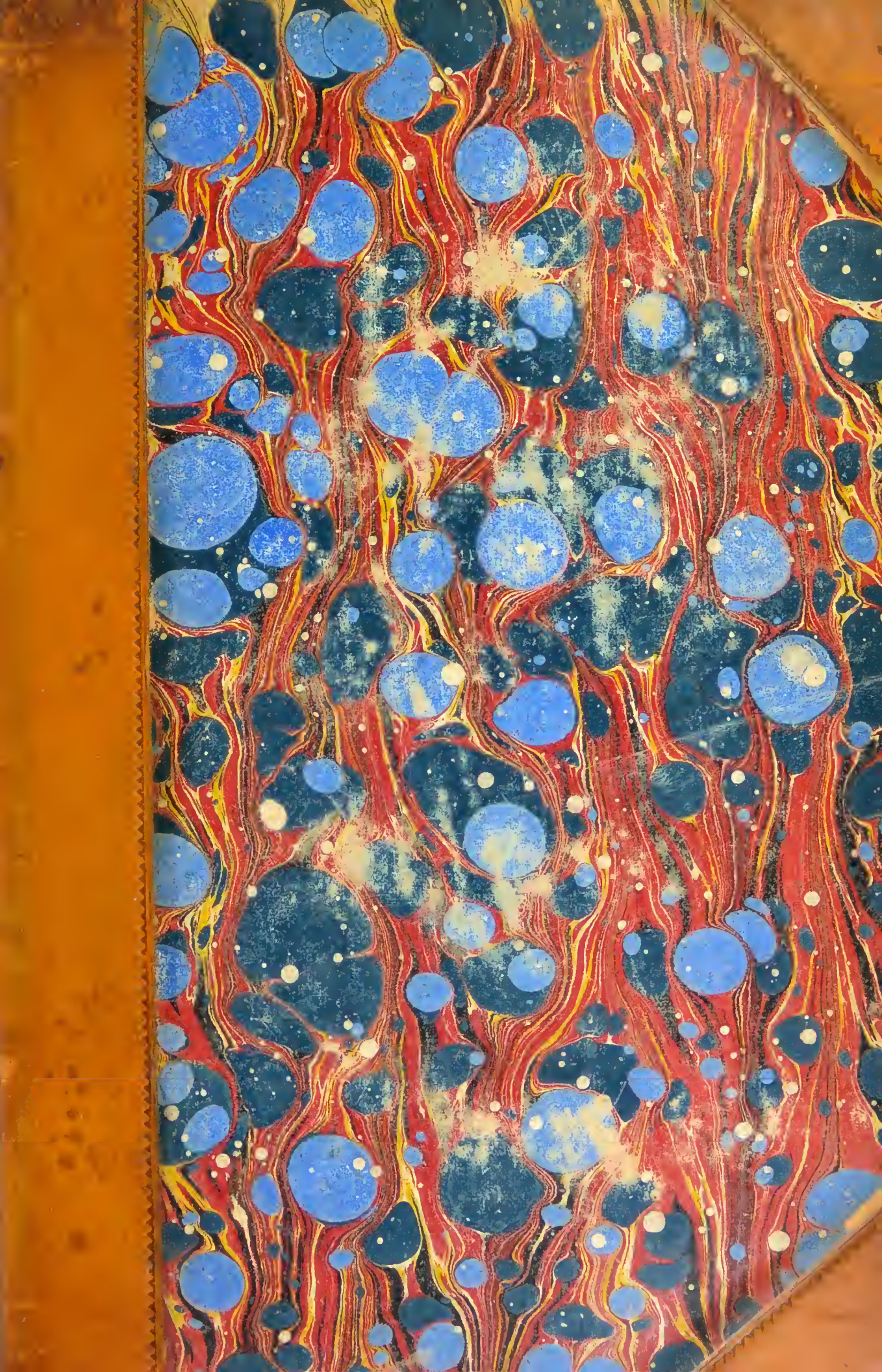


Y 5:25

X Y 1 14

R31453

DIE

ATHEMBEWEGUNGEN.

EINE

PHYSIOLOGISCH-PATHOLOGISCHE STUDIE.

VON

DR. FRANZ RIEGEL,

DOCENT AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG.

MIT 12 TAFELN.

WÜRZBURG.

A. STUBER'S BUCHHANDLUNG.

1873.

HERRN HOFRATH

PROFESSOR DR. VON BAMBERGER

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER

ALS ZEICHEN

BLEIBENDER DANKBARKEIT UND VEREHRUNG.

DER VERFASSER.

VORWORT.

Die folgenden Blätter enthalten die Resultate zahlreicher Versuche, die dem Wunsche entsprangen, die Formabweichungen der Athembewegungen, wie sie in krankhaften Zuständen der Respirationsorgane zur Beobachtung kommen, mit möglichster Schärfe zu eruiren. Einen kleinen Theil dieser noch mit einfacheren Hülfsmitteln angestellten Versuche habe ich bereits in einigen Journalartikeln mitgetheilt. Den grösseren Theil dieser mittelst eines, wie ich annehmen zu dürfen glaube, verbesserten Apparates angestellten Versuche lege ich hiermit vor.

Mag die hier mitgetheilte und in zahlreichen Versuchen erprobte Methode, Bewegungen, die dem direct beobachtenden Auge kaum in hinreichender Schärfe zugänglich sind, möglichst genau gleichzeitig von den verschiedensten Punkten her graphisch darzustellen, auch noch mannigfacher Verbesserungen fähig und bedürftig sein, so glaube ich doch, dass sie bereits in ihrer jetzigen Gestaltung manche nicht ganz bedeutungslose Aufschlüsse zu geben befähigt und, zumal für klinische Zwecke, nicht ganz werthlos sein dürfte.

Trotz zahlreicher an Tausenden von Gesunden und Kranken angestellter Versuche verhehle ich mir keineswegs, dass ich noch weit entfernt bin, alle Gesetze der physiologischen und pathologischen Athembewegungen mit genügender Schärfe erkannt zu haben.

Das vielseitige Interesse, das meine früher mitgetheilten Resultate erregt haben, lässt mich der Hoffnung Raum geben, dass auch diese Schrift mit Nachsicht beurtheilt werde. Mögen die hier mitgetheilten Resultate, wie ich sie selbst betrachte, nur als ein erster Versuch, den feineren Vorgängen dieser Thätigkeiten in krankhaften Zuständen nahezukommen, betrachtet werden und als solcher der Nachsicht des Lesers empfohlen sein!

Das ausgedehnte Material zu diesen Studien verdanke ich zunächst meinem hochgeschätzten Lehrer, Herrn Hofrath Professor Dr. *von Bamberger*, dem ich fünf Jahre als klinischer Assistent zur Seite stand.

Ich ergreife gerne die Gelegenheit, meinem hochverehrten Lehrer hier meinen innigsten Dank zu sagen für die Liebenswürdigkeit, mit der er jederzeit das gesammte klinische Material zu jeglichem wissenschaftlichen Zwecke mir überliess.

Herrn Geh. Hofrath Professor Dr. *Gerhardt*, sowie Herrn Geheimrath Professor Dr. *Scanzoni von Lichtenfels*, die mir in liberalster Weise zu diesen Studien ihre klinischen Hülfsmittel überliessen, kann ich nicht umhin, gleichfalls an dieser Stelle öffentlich meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Würzburg im März 1873.

DER VERFASSER.

INHALTSVERZEICHNISS.

Seite

I. Einleitung 1

II. Uebersicht über die zur Untersuchung des Thorax dienenden Messapparate 11

III. Der Doppelstethograph 26

Allgemeine Bemerkungen über die Respirationscurven . . . 38

IV. Normaler männlicher Respirationstypus 41

A. Die Respirationsdauer 41

B. Die Athempausen 46

C. Die Configuration der Athmungscurven oder die momentane Geschwindigkeit 52

D. Die Respirationsgrösse 57

E. Die mittlere Respirationsgeschwindigkeit 62

V. Normaler weiblicher Respirationstypus 66

Die Athmung der Kinder und Greise 77

Pathologie der Athembewegungen 80

VI. Die Verengerung der oberen Luftwege 83

VII. Emphysem. Chronische Bronchitis 95

Einseitige Erkrankungen der Respirationsorgane 117

VIII. Pleuritis 120

IX. Pneumonie 138

X. Lungentuberculose 146

XI. Pyopneumothorax 159

XII. Die Lähmung der Inspirationsmuskeln 165

Anhang: Die Athmung im Fieber 174

Erklärung der Tafeln 177

I.

Einleitung.

Der Zweck der Athmung besteht darin, dem Blute Sauerstoff aus der umgebenden Athmosphäre zuzuführen und aus dem Blute gewisse Endproducte des Verbrennungsprocesses, insbesondere die Kohlensäure zu entfernen und an die Aussenwelt abzugeben. Diesem Zwecke dienen die Respirationsorgane, zunächst die Lungen, die mittelst der Bronchien, der Trachea, des Larynx, der Mund- und Nasenhöhle mit der umgebenden Athmosphäre in Communication treten. Je nach dem grösseren oder kleineren Durchmesser, den dieses Verbindungsrohr, das zwischen Lunge und Athmosphäre eingesetzt ist, besitzt, wird die Menge der mit einem Athemzuge einströmenden athmosphärischen Luft eine grössere oder geringere sein. Es muss darum, je weniger athmosphärische Luft mit einem Athemzuge der Lunge und damit dem Blute dargeboten wird, um so häufiger dieser Act der Athmung sich wiederholen.

Der Durchmesser dieses Verbindungsrohres steht mit der Grösse des Athmungsapparates überhaupt und dessen Grösse wieder mit der Gesammtkörpergrösse in einem gewissen gegenseitigen Verhältnisse.

Wird dieses Verhältniss zwischen dem Durchmesser der Verbindungswege und der Grösse des eigentlichen Respirationsorganes in irgend einer Weise gestört, dann muss die in der Zeiteinheit dem Blute dargebotene Sauerstoffmenge eine geringere werden, dann müssen Störungen in dem Athmungsgeschäfte eintreten. Darum sehen wir eine häufigere oder sonstwie veränderte Athmung in gleicher Weise dann, wenn das Verbindungsrohr durch wesentliche Verengerung dem Ein-

tritte der athmosphärischen Luft Hindernisse in den Weg stellt, so bei beträchtlichen Verengerungen des Kehlkopfs oder der Trachea und ebenso dann, wenn die Lunge eine kleinere Fläche zur Aufnahme des Sauerstoffs darbietet, so bei allen denjenigen Krankheiten, bei denen, sei es durch Verdichtung, durch Compression oder dergleichen, ein grösserer Theil des Lungengewebes seiner Aufgabe nicht mehr genügen kann.

Zur regelmässigen und ausreichenden Erneuerung der Lungenluft dienen mechanische Vorrichtungen, deren Aufgabe es ist, in regelmässigen Zeitabschnitten bestimmte Mengen athmosphärischer Luft einzuführen und dieser entsprechende Mengen veränderter und unbrauchbar gewordener Luft nach aussen zu entführen. Mittelst der Inspiration wird die athmosphärische Luft und damit der Sauerstoff in die Lungen übergeführt, mittelst der Exspiration die Kohlensäure entfernt. Das Erstere wird durch die Erweiterung, das Letztere durch die dieser folgende Verkleinerung des Thorax erzielt. Beide folgen sich unmittelbar nach einander und in analoger Weise folgen in einem relativ gleichmässigen Tempo die einzelnen Athemzüge einander.

Die Kräfte, mittelst deren die inspiratorische Erweiterung und die dieser folgende exspiratorische Verkleinerung zu Stande gebracht werden, sind verschiedene für diese beiden Acte der Athmung. Die Lungen liegen an allen Stellen der inneren Wand des Thorax hermetisch an und können darum mit ihrer Oberfläche dieselbe nicht verlassen; darum müssen sie stets genau den Bewegungen des Thorax folgen. Wird durch irgend eine Kraft der Thoraxraum erweitert, dann müssen, da zwischen Lungenoberfläche und innerer Thoraxwand kein freier Raum entstehen kann, die Lungen dieser Vergrösserung des Thoraxraumes entsprechend sich ausdehnen. Es wird darum bei einer Erweiterung der Brusthöhle und der dieser folgenden Erweiterung der Lunge eine Luftverdünnung in letzterer eintreten, die nun zur Folge hat, dass die dichtere athmosphärische Luft durch die zur Aussenwelt führenden Communicationswege so lange nachströmt, bis das frühere Gleichgewicht hergestellt ist. Die Inspiration erfolgt demnach nicht, wie eine früher geläufige Vorstellung darthat, durch in der Lungensubstanz selbst

gelegene Kräfte, durch active Erweiterung der Lunge; die Lunge verhält sich bei der Einathmung passiv, setzt sogar der Erweiterung einen gewissen Widerstand entgegen.

Die Erweiterung des Thorax wird durch active Muskelkräfte vollführt, unter denen das Zwerchfell die wichtigste Rolle spielt. Umgekehrt verhält es sich bei der Exspiration. Die wichtigste exspiratorische Kraft ist in der Lunge selbst gelegen; die durch die inspiratorischen Muskelkräfte erweiterte Lunge sucht vermöge ihrer elastischen Eigenschaft sich wieder auf ihren früheren Raum zu verkleinern, während eigentliche Muskelkräfte, wenigstens bei nicht angestrengter Athmung, hiebei nicht in Betracht kommen. Die Inspirationsmuskeln erschlaffen und der Thorax wird darum bis zu einer gewissen Grenze diesem Bestreben der Lunge, sich zu verkleinern, folgen; von einiger Bedeutung für die exspiratorische Verkleinerung der Lunge ist ferner das Bestreben der um ihre Axe gedrehten Rippen und Rippenknorpel in ihre Gleichgewichtslage zurückzukehren und endlich der Druck der Unterleibsorgane, der bis zu einem gewissen Grade durch die Inspirationskräfte überwunden wurde.

Diese eben erwähnte elastische Eigenschaft der Lunge, die das wichtigste Agens für die Exspiration darstellt, wie sie der inspiratorischen Erweiterung ein wesentliches und mit der Tiefe der Inspiration sich steigerndes Hinderniss entgegenstellt, hat indess am Ende der Exspiration noch lange nicht ihre äusserste Grenze erreicht. Auch dann hat das Lungengewebe noch das Bestreben, sich weiter zu verkleinern, auch in der Leiche, bei welcher der Thorax in der tiefsten Exspirationsstellung sich befindet, dauert das Bestreben der Lunge an, sich weiter zu verkleinern und einen weiteren Theil der in ihr enthaltenen Luft auszutreiben. An dieser weiteren Verkleinerung wird sie jetzt durch die Thoraxwandung verhindert. Wie weit dieses Bestreben der Lunge, sich zu verkleinern, reicht, können wir dann ersehen, wenn wir dieses durch die Thoraxwandung gesetzte Hinderniss beseitigen, indem wir nach dem Vorgange von *Donders*[1]) mittelst eines mit der Luftröhre in

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. III. Band. 1853. p. 287.

Verbindung stehenden Manometers diesen Druck bei Eröffnung des Thorax messen. Derartige Versuche wurden in neuerer Zeit wieder in grosser Zahl von *Perls*[1]) angestellt.

Auch die klinische Beobachtung gibt uns eine gute Illustration dieser Druckverhältnisse in den Fällen, in denen es durch äussere oder innere Ursachen zu einem Eindringen von Luft in die Pleurahöhle kommt. (Pneumothorax).

So sehen wir denn unter normalen Verhältnissen eine innige Beziehung der äusseren Form des Thorax zu dem Verhalten der Lungen; beide beeinflussen einander in gegenseitiger Weise und es gewinnt darum das Studium der Thoraxformen, wenn wir es von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, ein besonderes ärztliches Interesse. So gross auch der Spielraum sein mag, welcher der Willkür in Bezug auf die Athmung sowohl nach Zahl, als nach Tiefe, ja selbst nach Form der einzelnen Athmung gelassen ist, so bestehen doch scharfe Grenzen, innerhalb deren diese sich bewegen kann, aber über welche hinaus der pathologische Athmungsmechanismus beginnt. Wie *Donders*[2]) in seiner Arbeit über „die Bewegung der Lungen und des Herzens bei der Respiration" in klarster Weise gezeigt hat, besteht zwischen der Form der Lungen und des Brustkastens in allen Phasen ihrer Ausdehnung eine Harmonie, eine Harmonie, die so weit geht, dass bei den verschiedensten Graden der Ausdehnung das Bestreben besteht, eine gleichmässige Spannung aller Lungenbläschen und eine gleichmässige Vertheilung des Drucks auf alle Theile zu erzeugen. Dieses Streben nach Gleichgewicht ist gesetzlich; das physikalische Gesetz, das ihm zu Grunde liegt, ist folgendes: der im Brustkasten vorhandene Raum wird ganz ausgefüllt und zwar mit möglichst geringer Spannung der Lungenbläschen. Aus diesem Gesetze hat *Donders* die Nothwendigkeit der Verschiebung der Lungen bei der Respiration abgeleitet.

Wenn wir die Formänderung des Thorax bei seiner Erweiterung betrachten, so ergibt sich, dass derselbe unter normalen Verhältnissen sich nach verschiedenen Richtungen hin

---

[1]) Deutsches Archiv für klin. Medicin. Band VI. Heft 1.

[2]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge Band. III. p. 39.

zu erweitern bestrebt ist, sowohl in der Quere, als in der Tiefe, als im Längendurchmesser. Diese Erweiterung ergibt sich indess nicht als eine vollkommen gleichmässige nach den erwähnten Richtungen hin; demgemäss wird auch die Form des Thorax eine andere sein am Ende der Inspiration, eine andere am Ende der Exspiration. Durch das beträchtliche Nachabwärtsrücken des im erschlafften Exspirationszustande kuppelförmig in den Thoraxraum hineingewölbten Zwerchfells wird nicht nur eine beträchtliche Verschiebung der Lungen nach abwärts ermöglicht, sondern es wird auch zugleich eine Erweiterung des untersten Thoraxabschnittes bewerkstelligt, indem die Randpartien des Zwerchfells von der Thoraxwand abgehoben werden und die nun unter höheren Druck gesetzten Baucheingeweide die nachgiebigen Knorpelenden der untersten Rippen nach aussen drängen. Die auf solche Weise durch das Zwerchfell hervorgebrachte Vergrösserung des Raumes ist die beträchtlichste und dementsprechend die hier sichtbare Vorwölbung weitaus die anderer Thoraxpartien überwiegend. Die Erweiterung des Thorax nach den erwähnten beiden anderen Richtungen hin steht dieser Zwerchfellbewegung weitaus nach. Dieselbe wird durch die Bewegungen der Rippen ermöglicht. Die Rippen erfahren hiebei eine doppelte Bewegung, eine Hebung, die eine Vergrösserung des Tiefendurchmessers der Brusthöhle zur Folge hat und eine Drehung, durch die der Querdurchmesser des Thorax vergrössert wird.

Das vordere Ende jeder Rippe beschreibt hiebei einen Bogen nach vorn und oben um das hintere Ende und in Folge der Drehung der Rippen wird die ursprünglich mehr nach unten gerichtete Convexität derselben mehr nach aussen und oben gewendet. Durch die gleichzeitige Hebung aller Rippenbögen wird der gemeinschaftliche vordere Ansatzpunkt derselben gehoben und damit der Tiefendurchmesser der Brusthöhle vergrössert. Die früher erwähnte Drehung der Rippen hat eine Erweiterung des Thorax im Querdurchmesser zur Folge. Diese letzterwähnten Wirkungen sind zunächst durch die Zusammenziehungen der Musc. scaleni und der Musc. intercostales hervorgebracht. Darüber, dass die Musc. intercostales externi nur bei der Inspiration thätig sind, bestehen keine

Meinungsdifferenzen. Auch von einem Theile der Musc. intercostales interni, speciell ihren vordersten zwischen den Rippenknorpeln ausgespannten Bündeln, ist allgemein angenommen, dass sie die Rippen nach oben ziehen und die Zwischenrippenräume erweitern. Einige Beobachter glaubten den Musc. intercostales interni auch zum Theil Exspirationsthätigkeit zuschreiben zu müssen, während die Mehrzahl der Forscher allen Zwischenrippenmuskeln nur Inspirationsfunction beizumessen geneigt ist.

Aus dem eben Erörterten ergibt sich, dass zunächst nur die Inspiration durch directe Muskelkräfte zu Stande kommt; an dieser activen Erweiterung des Thorax betheiligen sich vor Allem das Zwerchfell, die scaleni und die intercostales externi und interni. Bei ihrer Thätigkeit müssen sie den Widerstand der elastischen Lunge, den Widerstand der Unterleibsorgane, die Schwere und den Widerstand der Rippen und der elastischen Rippenknorpel überwinden. Die Exspiration dagegen kommt bei gewöhnlicher Athmung ohne Muskelkräfte zu Stande. Sie erfolgt durch das Bestreben der elastischen Lunge, sich wieder zu verkleinern, ein Bestreben, das um so grösser ist, je mehr diese Elasticität durch die vorhergegangene inspiratorische Erweiterung überwunden wurde, durch das Bestreben der um ihre Axe gedrehten Rippen, in ihre Gleichgewichtslage wieder zurückzukehren, durch den höheren Druck der Baucheingeweide, der das Zwerchfell wieder nach aufwärts zu drängen bestrebt ist und durch die Erschlaffung der Inspirationsmuskeln selbst.

Bei forcirteren Athmungen treten für beide Acte der Athmung, wie bekannt, noch eine grössere Reihe von Hülfsmuskeln in Thätigkeit.

Gleichmässige Spannung aller Lungenbläschen und in Folge hievon gleichmässiger Druck auf alle angrenzenden Theile, bei den verschiedensten Graden der Ausdehnung, ist vom mechanischen Standpunkte aus das Ideal. *(Donders).*

Um diesem Ideale nahe zu kommen, ergibt sich die Nothwendigkeit der Verschiebung der Lungen bei der Respiration, die, wie schon obige Betrachtung zeigte, nicht jeden Theil der Lunge in gleichem Maasse trifft. Es ergibt sich aber auch hieraus die nothwendige Folge, dass die nach aussen sichtbare

Verschiebung und Vergrösserung des Thoraxraumes keine in allen Richtungen gleichmässige sein kann. Mag immerhin ein gewisser Spielraum für den Grad der Verschiebung und Formänderung der einzelnen Thoraxabschnitte gelassen sein, eine gewisse Grenze darf hiebei niemals überschritten werden, soll dem oben erwähnten mechanischen Gesetze noch Rechnung getragen werden können. Darum muss in gesetzmässiger Weise und in einem gewissen gegenseitigen Verhältnisse die Formänderung der einzelnen Thoraxabschnitte erfolgen und es müssen wesentliche Abweichungen dieser in gewissen krankhaften Zuständen zur Beobachtung kommen.

Diese Formänderungen, die der Thorax in den einzelnen Phasen der Athmung erfährt, sind wesentlich verschieden je nach Alter, Geschlecht und dergleichen. So hat man bereits längst einen männlichen und einen weiblichen Respirationstypus unterschieden und gewusst, dass bei der Athmung der Männer die Zwerchfellthätigkeit die vorwiegende Rolle spielt, während bei den Weibern die Bewegungen der Rippen gegen die des Zwerchfells überwiegen. Bei Kindern, bei denen die Rippen die relativ grösste Biegsamkeit und Elasticität zeigen, kommen die an den Rippen sich inserirenden Muskeln häufig zu stärkerer Thätigkeit, als beim Manne und steht deren Respirationstypus inmitten zwischen dem der Weiber und der Männer.

Weniger Werth hat man dagegen auf das genauere relative Verhältniss der Veränderungen der einzelnen Durchmesser bei der Athmung gelegt. In dieser Richtung sind nur die von *Sibson*[1]) und *Wintrich*[2]) mittelst eines besonders hiezu construirten Instrumentes (Thoracometer) angestellten Untersuchungen, sowie einige sich nur auf wenige Punkte erstreckende Versuche der Neuzeit zu erwähnen.

Aber bereits unter physiologischen Verhältnissen sehen wir Abweichungen von diesen eben erwähnten Formänderungen

---

[1]) On the movements of Respiration in Disease, and on the use of a chest-measurer. by Fr. *Sibson*. Medico-chirurgical Transactions. London. Vol. XXXI. 1848. p. 353.

[2]) Krankheiten der Respirationsorgane. 1854. (Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie, redigirt von *R. Virchow*.)

des Thorax bei der Athmung. Während bei gewöhnlicher ruhiger Respiration beim Manne das Zwerchfell die weitaus grösste Excursion erfährt und dementsprechend sich als Haupterscheinung eine Hervorwölbung der Oberbauchgegend ergibt, sind forcirte, möglichst tiefe Respirationen bereits im Stande, die Verschiebung in den einzelnen Thoraxdurchmessern beträchtlich zu ändern. Mit dem Tieferwerden der Athemzüge sehen wir beide Geschlechter sich von dem ihnen eigenthümlichen Athmungstypus entfernen und einen zwischen beiden liegenden und so sich gegenseitig ergänzenden Respirationstypus annehmen.

Weitaus grössere Differenzen von diesem normalen Verhalten müssen aber dann sich ergeben, wenn Hindernisse sich den in- oder exspiratorischen Kräften entgegenstellen, wenn durch krankhafte Processe diese oder jene Stelle des Athmungsapparates nicht in der ihr zugehörigen Weise in den Athmungsprocess einzugreifen vermag.

Wie aber die Form der Athembewegung eine gesetzmässige, so muss auch das Zeitverhältniss der einzelnen Athmungen, wie der einzelnen Phasen der Athmung ein, wenn auch in gewisser Breite schwankendes, so doch immerhin gesetzmässiges sein. Die Zahl der Athemzüge in einer bestimmten Zeit schwankt bei verschiedenen Personen, in verschiedenen Altersperioden, unter verschiedenen äusseren Umständen, in verschiedenen Körperstellungen in ziemlicher Breite. Indess kann man immerhin sagen, dass die Zahl der Athemzüge unter gewöhnlichen ganz normalen Verhältnissen bei Erwachsenen eine in gleichen Zeiträumen ziemlich gleichmässige ist. Das Gleiche gilt für die Tiefe, wie für den Rythmus der Athemzüge. Der letztere gestaltet sich nach fast allgemeiner Annahme der Art, dass der Inspiration ohne Einschaltung einer Pause unmittelbar die etwas länger dauernde oder gleich lange Exspiration folgt, dass dann eine kurze Pause je zwei Respirationen von einander trennt. Wie die zeitlichen Verhältnisse der einzelnen Athemzüge sich unter gewöhnlichen Verhältnissen demnach nahezu gleich bleiben, so auch das zeitliche Verhältniss der einzelnen Phasen der Athmung, der Inspiration und der Exspiration. Die von den einzelnen Autoren sowohl für die Zahl

der Athemzüge in einer gegebenen Zeit als für das relative Verhältniss der einzelnen Phasen der Athmung aufgestellten Grössen variiren allerdings nicht unbeträchtlich; es findet dieser Umstand indess darin seine Erklärung, dass viele dieser Forscher diese Untersuchungen theils an sich selbst, theils an Individuen, deren Aufmerksamkeit auf die Untersuchung selbst gerichtet war, anstellten, dass die hiebei verwandten Methoden, wie sich später bei Betrachtung dieser ergeben wird, zum Theil nicht vollkommen fehlerfrei waren.

Wie sehr aber die Willkür, die Aufmerksamkeit und dergleichen mehr die Athmung zu ändern vermögen, ist allzubekannt, als dass es nöthig wäre, hier noch specieller darauf hinzuweisen. Will man darum einigermassen entscheidende Resultate in diesen Fragen gewinnen, dann erscheint es nicht nur nöthig, eine grosse Anzahl von Versuchen anzustellen, sondern es müssen auch die Untersuchungen an Individuen vorgenommen werden, derenAufmerksamkeit durchaus der Sache selbst fremd ist. Nur dann lassen sich verlässliche Resultate gewinnen und gerade hier zeigt sich bei Zusammenstellung einer grösseren Zahl von auf solche Weise gewonnenen Versuchsresultaten die grosse Gesetzmässigkeit und Gleichmässigkeit der hier in Frage kommenden Erscheinungen.

Fragen wir uns aber, in welcher Weise die hier in Betracht kommenden Verhältnisse, wie die Tiefe der einzelnen Athemzüge, das Verhalten der Athmung in den einzelnen Phasen derselben, das wechselseitige Betheiligen der einzelnen Thoraxabschnitte an den jeweiligen Formänderungen des Thorax, die Zahl der Athemzüge in einer gegebenen Zeit und dergleichen mehr am bessten und unverfälschtesten constatirt werden können, dann kann wohl kein Zweifel bestehen, dass für die Constatirung einzelner dieser Erscheinungen die einfache Betrachtung genügen möge.

Für manche andere und wie es scheint, die bedeutungsvolleren, mögen unsere Sinne bei weitem nicht genügen. Es ist kaum nöthig, daran zu erinnern, wie schwierig es bereits ist, geringe Veränderungen im Durchmesser einer Thoraxhälfte zu erkennen, wie es noch weit schwieriger ist, über die Bewegungen, die Excursionsgrösse zweier correspondirender Punkte,

wenn deren Differenz keine beträchtliche ist, sich durch die einfache Inspection ein sicheres Urtheil zu schaffen. Ganz unmöglich erscheint aber eine derartige Methode dann, wenn es gilt, das Ineinandergreifen der verschiedensten Thoraxabschnitte in den Mechanismus der Athmung nach genauen zeitlichen und Grössenverhältnissen zu constatiren. Dass hier nur objective Hülfsmittel das Räthsel lösen können, hat man längst erkannt. Schon frühe hat man darum begonnen, eine Reihe von Messapparaten zur Untersuchung des Thorax zu construiren. In wie weit diese den an solche Apparate zu stellenden Anforderungen genügen, in wie weit dieselben insbesondere die oben angedeuteten Fragen zu lösen im Stande sind, das mag am bessten aus der folgenden Aufzählung und Beschreibung der wichtigeren dieser Messapparate und der damit gewonnenen Resultate hervorgehen.

II.

Uebersicht über die zur Untersuchung des Thorax dienenden Messapparate.

Bei der nun folgenden Betrachtung können wir von den aus älterer Zeit stammenden Vorrichtungen und Apparaten, die der genaueren Erkennung feinerer Vorgänge der Respirationsmechanik dienen sollten, um so mehr absehen, als kaum ein nur einigermassen bedeutungsvoller Vorschlag in dieser Richtung aus jener Zeit zu erwähnen ist. Wir wenden uns darum sofort zur Betrachtung der vorzugsweise der neueren Zeit angehörenden Vorrichtungen und können hier zunächst zwei Reihen von Apparaten auseinander halten. Die eine Reihe dieser Apparate bezweckt nur die Form des Thorax entweder im Ganzen oder die einzelner seiner Theile zu messen, die Grösse des ganzen Thoraxumfanges oder vergleichungsweise die seiner beiden Hälften, die Entfernung einzelner Punkte von einander und dergleichen mehr zu bestimmen. Alle diese Messungen beziehen sich demnach nur auf die ruhende Form des Thorax, nicht auf dessen Bewegung. Dieser Aufgabe genügen in einfachster Weise das Bandmaass und der Tasterzirkel.

Zu den vollkommeneren Apparaten dieser Reihe gehört der Cyrtometer von *Woillez.*[1]) Derselbe besteht aus einer 60 Centimeter langen Kette von Fischbeinstäben, die je 2 Centimeter lang sind und eine doppelte Friction besitzen, um die entsprechende Biegung beizubehalten. Alle Glieder haben strenge

[1]) Archives générales de Médecine 1857. Vol. I. pag. 583.

Gelenke, nur zwei sind leicht beweglich. Derselbe wird nach tiefer Exspiration der Brustwand fest angelegt, an der beweglichen Stelle geöffnet, abgenommen und wieder geschlossen auf Papier nachgezeichnet. Mittelst desselben ist man im Stande, die ruhenden Formen des Thorax ziemlich genau darzustellen.

In gleicher Weise kann man den von *Weil*[1]) aus vielen beweglichen Stäben construirten Messungsapparat anwenden.

Ein ähnliches Instrument hat *Allison*[2]) im Jahre 1858 angegeben, das er Stethogoniometer nennt. Es besteht aus zwei nach $^1/_{10}$" graduirten Branchen von je 3" Länge; mit diesen ist in der Mitte ein von 120° — 220° graduirtes Kreissegment verbunden und auf diesem läuft im Charniergelenk ein Nonius, in 12 gleiche Theile getheilt und im Ganzen gleich 1° des angenommenen Kreises.

In diese Reihe gehört ferner das von *Konradi*[3]) bereits im Jahre 1853 zur Bestimmung der einzelnen Brustdurchmesser angegebene Instrument. Es besteht aus einem in Centimeter getheilten Balken mit zwei verschiebbaren Armen und einem in seiner Mitte befindlichen Dorn. Dasselbe hat gleichwie die beiden vorher erwähnten Apparate keine allgemeinere Anwendung gefunden.

Während die eben erwähnte Gruppe von Messapparaten dazu dient, den Umfang des Thorax oder einzelner Theile desselben, sowie die Form desselben an verschiedenen Abschnitten im Zustande der Ruhe zu bestimmen, stellte sich eine weitere Reihe von Forschern die Aufgabe, die Bewegungsgrösse des Thorax, die Veränderung seiner Form während seiner specifischen Thätigkeit zu bestimmen.

Unter den diesem Zwecke dienenden Apparaten ist vorerst der von *Sibson*[4]) im Jahre 1848 angegebene Thoracometer (Chest-Measurer) zu erwähnen. Derselbe besteht aus einem

[1]) Allgemeine Wiener med. Zeitung. 1865. Nr. 4.

[2]) Arch. of Med. II. p. 60. 1858.

[3]) Arch. f. wissensch. Heilkunde I. 1. 1853.

[4]) Medico-chirurgical Transactions. Vol. XXXI. 1848. p. 353; auch Archives générales de Médecine. T. XIX. p. 454. T. XX. p. 35. 1849.

messingenen Gehäuse, auf welchem sich ein Zifferblatt, in 100 gleiche Theile getheilt, befindet. Innerhalb des Gehäuses ist im Centrum eine Scheibe mit 10 Einkerbungen angebracht, in welche eine Triebstange einzugreifen hat. Die Scheibe muss genau 1 Centimeter im Umfang, sowie 10 Zähne der Triebstange ebenfalls 1 Centimeter betragen. An der Scheibe ist eine Feder der Art befestigt, dass, wenn die Triebstange nach oben hinausgedrückt wird, die Kraft der Feder überwunden werden muss und diese Triebstange sogleich wieder bis an die Wand des Gehäuses durch die Federkraft zurückgeschnellt wird, sobald der Druck von unten nach oben aufhört. In dem Maasse als die Triebstange vorwärts geht, greift sie mit ihren Zähnen in die gleichfalls gezähnte Scheibe ein und bewegt durch diese den Zeiger auf dem Zifferblatte. Hat der Zeiger den Kreis auf dem Zifferblatte ganz vollendet, so ist die Triebstange genau einen Centimeter weit vorwärts gerückt und die Scheibe hat ebenfalls eine ganze Drehung durchmachen müssen. Man soll mit diesem Instrumente im Stande sein, noch $^1/_{10}$ Linie Vorwärtsbewegung genau zu messen. Gleichwohl hat dasselbe um verschiedener ihm anhaftender Mängel willen keine allgemeinere Anwendung gefunden.

Wintrich[1]) hat *Sibson*'s Chest-Measurer in eine etwas einfachere Form gebracht, ohne dass indess auch diese eine grössere Verbreitung gefunden hat.

Auf einem ähnlichen Principe basirt der Stethometer *Quain*'s.[2]) Derselbe hat ein uhrähnliches Gehäuse, in welchem sich ein federndes Cylinderchen befindet, das einen englischen Zoll Umfang hat. An diesem Cylinderchen befindet sich eine seidene Schnur, durch deren Anziehen die Feder im Gehäuse theilweise überwunden werden muss und der Zeiger sich so weit in Bewegung setzt, als die Schnur herausgezogen wird. Das Zifferblatt ist in 100 Theile eingetheilt. Das Instrument gibt gleichfalls keine ganz zuverlässigen Resultate über die stattgehabten Excursionen.

---

[1]) Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie, redigirt von *Virchow*. Krankheiten der Respirationsorgane von *Wintrich*. 1854. p. 90.

[2]) *Quain*, The Stethometer. Journ. of medicine. Oct. 1850.

Auch mittelst der optischen Methode suchte man die Bewegungen der Brustwand zu messen. Es werden hiebei kleine Scalen auf einzelne Stellen der Brustwand aufgeklebt und durch Visiren in einer horizontalen Linie deren Verschiebung bestimmt. Dass auch diese Methode wenig exacte Resultate geben muss, braucht nicht speciell hervorgehoben zu werden.

Bessere Resultate lieferte hingegen die graphische Methode; nur mittelst dieser ist eine genaue Characteristik der Zeit- und Grössenverhältnisse der einzelnen Athemzüge und die Entscheidung weiterer sich hieran knüpfender Fragen möglich. Derartige graphische Untersuchungen der Athembewegungen wurden mit Rücksicht auf das Verhalten des gesunden menschlichen Organismus zuerst von *Vierordt* und *Ludwig* [1]) angestellt. Sie bedienten sich zu ihren Versuchen eines zweiarmigen Hebels; das Ende des kürzeren Armes berührte unmittelbar die Haut, während der lange Arm mittelst eines Pinsels die Athembewegungen auf das Kymographion verzeichnete. Ihre Untersuchungen erstreckten sich nur auf die abdominellen Athembewegungen und wurden an 5 männlichen Versuchspersonen vorgenommen. Auf einzelne der von ihnen erhaltenen Resultate werden wir im weiteren Verlaufe noch zurückkommen.

In gleicher Weise stellte *Ackermann* [2]) an 12 gesunden jungen Männern Beobachtungen über die respiratorischen Bewegungen der vorderen Thoraxfläche in sagittaler Richtung an. Die Beobachtungen wurden an 18, in sechs Reihen über einander liegenden Punkten angestellt und zwar so, dass die bei ruhigem Athmen erfolgenden respiratorischen Erhebungen mittelst einer Hebelvorrichtung auf das Kymographion übertragen wurden.

Die von *Rosenthal* [3]) mittelst eines sehr zweckmässigen Apparates, den er Phrenograph nennt, angestellten schönen Untersuchungen kommen, da sie nur an Thieren vorgenommen

---

[1]) Beiträge zu der Lehre von den Athembewegungen. Archiv für physiologische Heilkunde. 14. Jahrgang. 1855. p. 253.

[2]) Zur Physiognomik und Mechanik der Athembewegungen. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1864. Nr. 8.

[3]) Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. von Dr. *J. Rosenthal.* Berlin. 1862.

wurden, für uns hier weiter nicht in Betracht. Der Phrenograph besteht ebenfalls im Wesentlichen aus einem Fühlhebel, welcher der Bauchfläche des Zwerchfells angelegt wird und mittelbar durch einen Schreibapparat seine Excursionen auf eine vorbeilaufende Platte verzeichnet.

Der gleiche Weg der graphischen Methode wurde ferner von *Gerhardt*[1]) betreten, der als der Erste diese Methodè auch auf klinischen Boden zu übertragen bemüht war. Er bediente sich bei seinen Versuchen eines von ihm construirten Stethographen. Derselbe besteht aus zwei Theilen, dem Zeichner und der Platte. Der erstere besteht aus einem leichten Holzstäbchen, das in eine dünne Platte auf der einen Seite sich verbreitert, auf der andern Seite eine Oeffnung besitzt, um ein Elfenbeinhäckchen aufzunehmen. Es wird mittelst Collodium auf die Brust aufgeklebt. Der andere Theil des Apparates, der nach Art des Sphygmographen construirt ist, wird von Eisenstäben getragen, die in mehrfacher Richtung aneinander verschoben werden können, von welchen der eine mittelst einer Klemmschraube an einem Stuhle befestigt wird. Durch verschiedene Stellung der Platte kann man die Bewegung nach vorwärts, aufwärts und seitlich zeichnen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten wie *Ackermann* gelangte *Helmke*[2]) mittelst der eben erwähnten von *Gerhardt* angegebenen Methode. *Helmke* bestimmte nach dieser Methode nur die Bewegungen von vier Punkten: vom äusseren Ende des 2. Rippenknorpels, vom äusseren Ende des 7. Rippenknorpels, von der 7. Rippe in der Axillarlinie und vom Epigastrium.

Auch *Marey*[3]) stellte bereits im Jahre 1865 experimentelle Prüfungen der Respirationsbewegungen an, wozu er seinen Cardiographen benützte. Seine Untersuchungen waren besonders auf das Verhalten der Respiration unter verschiedenen auf sie einwirkenden Hindernissen gerichtet.

---

[1]) Lehrbuch der Auscultation und Percussion von *C. Gerhardt*. Zweite Auflage. Tübingen. 1871.

[2]) *Helmke*, Ueber Messungen der Thoraxbewegungen. Inaug.-Diss. Jena. 1865.

[3]) *Marey*, Graphische Prüfung der respiratorischen Bewegungen. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. Juillet. 1865. p. 452.

Aus neuerer Zeit ist ferner der von *Bergeon* und *Kastus* [1]) construirte Apparat, den sie Anapnograph nennen, zu erwähnen. Es wird hier mittelst eines über die Nase gelegten Mundstückes durch den Luftstrom ein Ventil in Bewegung gesetzt, das seine Excursionen mittelst eines Zeichenhebels auf eine vorbeilaufende Platte verzeichnet. Es handelt sich demnach hier weniger um Messung der Athembewegung, als vielmehr des Druckes der grossen Luftwege. Auf pathologische Processe haben die Verfasser ihre Versuche nicht ausgedehnt.

Endlich ist aus neuester Zeit ein von *Ransome* [2]) zu ähnlichen Zwecken construirter Apparat zu erwähnen, welcher an drei Zeigern die Bewegung eines Thoraxpunktes nach vorn, oben und seitwärts abzulesen gestattet. Indess handelt es sich hier wieder nicht um graphische Darstellung der Athembewegungen, sondern nur um Messung der Bewegungsgrösse einzelner Thoraxpunkte. Einige an Tuberculösen und Emphysematikern angestellte Versuche ergaben nur eine Verminderung der Bewegungen der Brustwand ohne weitere charakteristische Befunde. Dass die graphische Methode mehr als einen Massstab der Bewegungsgrösse gibt, dürfte schon von vorneherein zu erwarten sein und wird sich im weiteren Verlaufe unserer Betrachtungen mit Sicherheit ergeben.

Der von *Marey* [3]) in neuerer Zeit construirte Pneumograph besteht im Wesentlichen aus einem unausdehnbaren Gurt, in welchem ein Stück elastischen Rohres eingefügt ist. Wird dieser Gurt anschliessend um die Brust gelegt, so wird bei jeder Erweiterung derselben das elastische Rohr sich dehnen, bei jeder Verengerung sich zusammenziehen. Wenn nun der luftgefüllte Binnenraum des Rohres durch einen dünnen langen Cautschukschlauch mit einem Cardiographen in Verbindung gesetzt wird, so wird eine Erweiterung des Thorax durch ein Sinken, die Verengerung durch ein Steigen des Cardiographenhebels angezeigt werden. Während bei allen bisher erwähnten

[1]) Gazette Médicale de Paris. Bd. XXIII. p. 545. 1868.

[2]) *A. Ransome*, Observations upon the movements of the chest. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. IV. p. 140—146. 1870.

[3]) *Marey*, du mouvem. dans les fonctions de la vie. Paris 1868. p. 160.

Apparaten jede willkürliche Bewegung von Seiten der Versuchsperson strenge gemieden werden musste, um nicht als Fehler mit in die Messung einzugehen, haben bei diesem Apparate Bewegungen der beobachteten Person keinen Einfluss, ein Umstand, der freilich für pathologische Fälle kaum wesentlich in Betracht kommen dürfte. Hingegen hat der Marey'sche Pneumograph den Nachtheil, dass man mittelst desselben nur diejenigen Veränderungen messen kann, die der Brustumfang im Ganzen in irgend einer Höhe erleidet.

Um diesem Uebelstande abzuhelfen, hat *Fick*[1]) einen neuen Pneumographen construirt, der die oben erwähnten Eigenschaften des Marey'schen Pneumographen theilt, zugleich aber gestattet, die Veränderungen, welche die einzelnen Brustdurchmesser beim Athmen erleiden, gesondert zu messen. Das Instrument gleicht einem Tasterzirkel. Es besteht aus zwei gekrümmten Holzstreifen, die durch ein Scharnier so verbunden sind, dass, wenn das eine Paar der Endpunkte sich von einander entfernt, das andere Paar sich nähert und umgekehrt. Mit dem einen des kurzen Paares der Hebelarme ist ein Rohr verbunden und mit dem andern ein in jenes Rohr genau passender und leicht darin verschiebbarer Stempel. Dieser wird, wenn die beiden grösseren Hebelarme auseinandergehen, tiefer in das Rohr eingedrückt und umgekehrt. Die Verbindung zwischen dem einen (kürzeren) Hebelarm und dem Stempel wird durch zwei Gelenke vermittelt. Röhre und Stempel werden am einfachsten aus zwei ziemlich genau in einander verschiebbaren Probirgläschen hergestellt; das grössere wird am verschlossenen Ende ausgezogen und abgeschnitten, das kleinere wird am offenen Ende abgeschnitten und mittelst eines Stöpsels daselbst der Draht befestigt, der zum Gelenk geht. Der capillare Zwischenraum zwischen den beiden Proberöhrchen wird mit Oel ausgefüllt. An das ausgezogene Ende der Röhre wird ein ziemlich langer Cautschukschlauch angesteckt, dessen anderes Ende mit der kleinen Pauke eines Marey'schen Cardiographen verbunden wird. Drückt man nun die beiden Spitzen der

[1]) Ein Pneumograph von *A. Fick*. Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft in Würzburg. III. 2. 1872.

grossen Hebelarme an die Endpunkte irgend eines Brustdurchmessers leicht an, so wird der Stempel sich im Rohre genau in dem Rythmus bewegen, in welchem sich dieser Brustdurchmesser beim Athmen verändert. Es muss darum auch in demselben Rythmus die Luft aus der Röhre nach der Cardiographenpauke verdrängt werden und wieder zurückgehen. In gleicher Weise wird auch der Zeiger des Cardiographen auf- und abgehen, dessen Bewegungen in bekannter Weise auf dem Kymographion aufgezeichnet werden.

Ich erwähne endlich noch der von mir im Jahre 1867 zuerst mitgetheilten Versuche;[1]) dieselben wurden mittelst eines von mir construirten Stethographen angestellt, dessen genauere Beschreibung ich hier mit Rücksicht auf die später mitzutheilenden Modificationen des Apparates unterlasse. Die Versuche bezogen sich theils auf gesunde, theils kranke Individuen. Es wurden vorerst an einer grossen Zahl männlicher und weiblicher Versuchspersonen möglichst sichere Normen für die Grössen- und Zeitverhältnisse der Thoraxbewegungen an den verschiedensten Punkten festgestellt. In einer zweiten Versuchsreihe wurden diese Untersuchungen dann auch auf einige pathologische Fälle ausgedehnt, und zwar zunächst nur auf Tuberculose und Emphysem. Bezüglich der pathologischen Athmungscurven war ich darum, weil diese Versuche nur auf so wenige Krankheitsformen ausgedehnt worden waren, damals noch nicht im Stande, charakteristische Normen mit Sicherheit aufzustellen.

Diese Versuche habe ich seit fast zwei Jahren, wenn auch mit Unterbrechungen, wieder aufgenommen. Es stellte sich dabei die Nothwendigkeit heraus, einige Verbesserungen meines früheren Stethographen vorzunehmen. Insbesondere erschien es nöthig, denselben der Art einzurichten, dass die zu gewinnenden Curven willkürlich in beträchtlicher Weise vergrössert werden konnten. Es erschien diess mit Rücksicht auf die minimalen Bewegungen mancher Thoraxpunkte nöthig. Dementsprechend musste der Apparat jetzt der Art eingerichtet

[1]) *Riegel*, Ueber Athembewegungen des gesunden und kranken Menschen. Würzburger med. Zeitschrift. VII. Band. 1867. Inaugural-Dissertation.

werden, dass die Platte eine weit beträchtlichere Grösse denn früher hatte; in Folge dessen waren noch einige weitere Modificationen nöthig, bezüglich deren genauerer Beschreibung ich auf die im vorigen Jahre gemachten Mittheilungen[1]) verweise. Die Resultate, die ich mittelst dieses Stethographen in Betreff der Athmungsform gesunder Individuen beider Geschlechter erhielt, stimmten in allen wesentlichen Punkten mit denjenigen Sätzen überein, die ich bereits bei meinen früheren Versuchen mittelst meines ersten Apparates erhalten hatte.

Nach Feststellung der für gesunde Individuen geltenden Normen wandte ich mich zur Untersuchung an Kranken. Ich habe damals hauptsächlich betont, dass man mittelst der graphischen Methode besser als mittelst jeder andern die beiden Phasen der Athmung zu sondern im Stande ist. Insbesondere erhält man mittelst dieser Methode über die zeitlichen Verhältnisse, über die Geschwindigkeit der Bewegung jedes einzelnen Punktes in den einzelnen Zeitmomenten der beiden Athmungsphasen ganz exacte Aufschlüsse, wie sonst keine andere Methode sie zu geben vermag. Auch eine Reihe weiterer sich hieran anschliessender Fragen, wie die nach einer Pause zwischen In- und Exspiration und der zwischen Exspiration und der dieser folgenden Inspiration konnten nur auf graphischem Wege gelöst werden. Dass aber bezüglich dieser Punkte in krankhaften Zuständen der Athmungsorgane wesentliche Veränderungen auftreten mussten, war bei der innigen Beziehung zwischen der Funktion der Lungen und der des Brustkastens nicht anders zu erwarten. Schon von vorneherein konnte man sagen, dass es Respirationskrankheiten geben werde, in denen das Athmungshinderniss überwiegend oder ausschliesslich die Inspiration und solche, in denen es die Exspiration betreffen werde. Man kann darum unter den Krankheiten der Respirationsorgane solche ausscheiden, in denen vorwiegend inspiratorische Dyspnoe und solche, in denen vorwiegend exspiratorische Dyspnöe besteht. Eine dritte Gruppe von Respirationskrankheiten wird den Typus der gemischten

[1]) *Riegel*, Ueber Stethographie und stethographische Curven. Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. X. p. 124.

Dyspnoe, die darum in gleicher Weise die In- wie die Exspiration befällt, zeigen.

Indem ich auf diese Verhältnisse für jetzt nicht weiter eingehe, bemerke ich nur, dass die graphische Methode die eben erwähnten verschiedenen Formen der Respirationshindernisse in schönster Weise zeigte, so dass man aus der blossen Betrachtung solcher Curven nicht nur die Art des Hindernisses, ob dasselbe in- oder exspiratorisch sei, entscheiden kann, sondern auch die Intensität desselben und dergleichen mehr. Durch einen Vergleich solcher in verschiedenen Zeitabschnitten und unter sonst gleichen Bedingungen von demselben Kranken gewonnenen Curven kann man sich ein Urtheil über die Zu- oder Abnahme der krankhaften Erscheinungen bilden. Soweit meine damals mitgetheilten Resultate.

Ich unterlasse es, hier speciell derjenigen Apparate Erwähnung zu thun, die zur Messung der vitalen Capacität bestimmt sind. Diesen Zwecken dient ausschliesslich der Spirometer *Hutchinson*'s, der von *Vogel* und *Wintrich* weitere Verbesserungen erfuhr. Dagegen erübrigt noch mit wenigen Worten des in neuester Zeit von *Waldenburg*[1]) angegebenen und in einer grossen Reihe von Fällen erprobten Pneumatometer's Erwähnung zu thun. Derselbe besteht aus einer an einem Holzständer verschiebbar befestigten, zweischenklig gebogenen, an beiden Enden offenen Glasröhre, von der jeder verticale Schenkel etwa 270 ^{mm} hoch ist und von denen der eine sich oben horizontal umbiegt und in einen langen Gummischlauch eingefügt ist, welcher mit einem Mund- resp. Nasenstück aus Horn endigt. An beiden Seiten des Ständers befindet sich, beiden Röhrenschenkeln entsprechend, eine Millimetereintheilung, in der Mitte der Höhe der Nullpunkt, das Maass nach oben und unten nach der Entfernung vom Nullpunkt bezeichnet. Die Röhre ist mit Quecksilber so gefüllt, dass das Niveau der Quecksilbersäule genau dem Nullpunkte entspricht. Mit einem ebenso construirten Apparate hatte bereits früher *Valentin*,[2])

[1]) Die Manometrie der Lungen oder Pneumatometrie als diagnostische Methode. Berliner klin. Wochenschrift 1871. Nr. 45.

[2]) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. § 413. 1844.

dann *Donders*,[1]) *Mendelsohn*[2]) und *Hutchinson*[3]) den In- und Exspirationsdruck bei erwachsenen gesunden Menschen gemessen. *Donders* betonte bereits damals den Werth dieser Methode als diagnostisches Hülfsmittel. Es ist das Verdienst von *Waldenburg*, diese Methode auf pathologische Fälle, zunächst Emphysem, chronische Bronchitis und Tuberculose, ausgedehnt und durch eine Reihe von Versuchen an gesunden und kranken Menschen gewisse Normen des physiologischen und pathologischen Geschehens festgestellt zu haben. Mag auch diese Methode bei den zahlreichen Momenten, die die manometrischen Resultate beeinflussen können, nicht jederzeit sofort zu erklärende Resultate geben, so verdient sie doch immerhin auch auf dem Gebiete der Pathologie weiter angewendet zu werden.[4])

Ohne den Werth der letzterwähnten Untersuchungsmethoden zu verkennen, glaube ich indess sagen zu dürfen, dass die graphische Methode, bei der die individuelle Geschicklichkeit nicht in solcher Weise wie bei diesen das Resultat der Untersuchung zu beeinflussen vermag, manche weitere diagnostisch wichtige Aufschlüsse geben wird. Die graphische Methode, die bis jetzt fast keine Anwendung auf pathologische Fälle gefunden hat, gibt, wie ich schon an früherer Stelle betont habe, über eine Reihe von Detailerscheinungen, wie insbesondere über die genauen zeitlichen Verhältnisse, Aufschlüsse, wie sie andere Untersuchungsmethoden zu geben nicht im Stande sind.

---

[1]) Beiträge zum Mechanismus der Respiration und Circulation im gesunden und kranken Zustande. Von *F. C. Donders*. Zeitschrift für rationelle Medicin. N. F. Bd. III. 1853. p. 287.

[2]) *A. Mendelsohn*, d. Mechanismus d. Resp. u. Circul. od. d. explicirt. Wesen der Lungenhyperämie. Berlin. 1845.

[3]) *Hutchinson*, the Lancet 1844.

[4]) Eine grössere derartige Versuchsreihe hat auf meine Veranlassung neuerdings Dr. *Lassar** unternommen, wie auch in allerjüngster Zeit eine grosse Zahl solcher an Kranken angestellter Versuche von *Eichhorst*** mitgetheilt sind. Beide dienen zur vollkommenen Bestätigung der von *Waldenburg* mitgetheilten Resultate.

* Zur Manometrie der Lungen. Inaugural-Abhandlung der med. Facultät zu Würzburg vorgelegt von *O. Lassar*. 1872.

** *Eichhorst*, Ueber die Pneumatometrie und ihre Anwendung für die Diagnostik der Lungenkrankheiten. Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. XI. Heft 3. p. 268.

Im Voranstehenden habe ich die wichtigsten der in diese Reihe gehörigen Apparate erwähnt; der Vergleich dieser verschiedenen Apparate mag so am besten die Vorzüge des graphischen Verfahrens gegenüber diesen illustriren.

Auf die von den wenigen Forschern, die sich mit derartigen graphischen Untersuchungen am Menschen beschäftigt haben, erhaltenen physiologischen Resultate habe ich um so weniger geglaubt, jetzt schon specieller eingehen zu sollen, als ich später bei Erwähnung meiner eigenen Versuchsresultate noch wiederholt Gelegenheit haben werde, auf diese zurückzukommen. Auf pathologischem Gebiete sind ausser meinen früheren Mittheilungen kaum irgendwelche derartige Versuche zu erwähnen.

Indem ich nun daran gehe, denjenigen Apparat zu beschreiben, der es mir ermöglichte, eine Reihe von feineren Differenzen zu erkennen, die auf keinem der bisher gebräuchlichen Wege und auch nicht mittelst meines früher erwähnten Stethographen mit gleicher Sicherheit erkannt werden konnten, kann ich nicht umhin, eine Lücke zu bekennen, die sich im Verlaufe der mittelst meines einfachen Stethographen angestellten Versuche zu erkennen gab, die in gleicher Weise den übrigen Apparaten gilt. Zumal für klinische Zwecke stellte sich diese Lücke bald als eine empfindliche heraus und war dieser Umstand es zunächst, der mich zur Construktion des in den nachfolgenden Blättern beschriebenen und auf Tafel I und II abgebildeten Apparates führte.

Während nämlich ein Theil der Krankheiten der Athmungsorgane sich dadurch characterisirt, dass bei ihnen der gesammte Respirationstypus Abweichungen von der physiologischen Norm erfährt, gibt es eine zweite Gruppe von Respirationskrankheiten, bei denen weniger der gesammte Athmungstypus eine Veränderung erleidet, bei denen vielmehr die Abnormität darin gelegen ist, dass nur einzelne Punkte einer Thoraxhälfte oder auch eine ganze Thoraxhälfte einen veränderten Athmungsmechanismus zeigen. Während demnach, um ein Beispiel anzuführen, eine Verengerung des Larynx oder der Trachea sich in ihren Folgen für die Athmung auf den ganzen Athmungsapparat erstreckt und einen in toto veränderten Athmungsmechanismus erzeugt, der sich über beide Lungen gleichmässig

erstreckt, wird ein pleuritisches Exsudat der einen Brusthälfte zunächst einen veränderten Mechanismus nur dieser Seite zur Folge haben. Ich will damit keineswegs in Abrede stellen, dass eine einseitige Erkrankung der Lunge oder des Thoraxraumes den gesammten Athmungsmechanismus unter Umständen verändern kann; immerhin treten aber diese secundären Abweichungen im Vergleiche zu den auf der direct betroffenen Seite statthabenden Veränderungen sehr beträchtlich in den Hintergrund.

Mit Rücksicht auf die Thatsache, dass ein grosser Theil unserer Respirationskrankheiten nur eine Thoraxhälfte befällt, war es demnach geboten, die graphische Untersuchung bei vielen Brustkranken in der Weise vorzunehmen, dass vergleichungsweise beide Seitenhälften und zwar immer genau correspondirende Stellen gemessen wurden. Diese Messungen habe ich anfangs in der Weise vorgenommen, dass ich mittelst eines und desselben Apparates unmittelbar nach einander zuerst denselben Punkt der gesunden, dann der kranken Seite untersuchte oder umgekehrt und so nacheinander eine Reihe correspondirender Punkte beider Seiten. Es zeigte sich jedoch sehr bald, dass eine derartige Untersuchungsmethode keine ganz zuverlässigen Resultate gibt.

Wenn auch der Satz als gültig angenommen werden kann, dass ein charakteristischer Zug der normalen Athmung darin gelegen ist, dass der Willkür dort ein wesentlich grösserer Spielraum gelassen ist, als bei jeder Art der pathologischen Athmung, so ist die Breite, innerhalb deren auch die pathologische Athmung noch schwanken kann, immerhin eine so beträchtliche, dass eine derartige Untersuchung, wenn sie einigermassen auf Zuverlässigkeit Anspruch machen soll, nicht mehr hinreichend genaue Resultate geben kann.

Abgesehen von der Bewegungsgrösse, die ohne Wissen und Willen des Kranken stets noch innerhalb einer gewissen Breite auch in Zuständen hochgradigster Dyspnoe schwankt, ist man auf solchem Wege niemals im Stande, etwas Zuverlässiges über die Zeitverhältnisse auszusagen, so etwa, ob ein Punkt der kranken Seite noch einen Ruhepunkt darstellt,

während derselbe Punkt der gesunden Seite sich schon zu bewegen beginnt und dergleichen mehr.

Ich habe darum versucht, auf anderem Wege einen genauen Vergleich beider Seiten zu ermöglichen. Ich habe zwei möglichst gleich gearbeitete Apparate gewählt und gleichzeitig mit dem einen die gesunde, mit dem andern die kranke Seite oder überhaupt zwei verschiedene gerade zu vergleichende Stellen mit beiden untersucht. Auch eine derartige Untersuchungsmethode bietet indess manche Fehlerquellen dar. So ist es auch auf diesem Wege kaum möglich, wenn es sich um die Beurtheilung von feinen Zeitdifferenzen handelt, eine hinreichend genaue Einstellung der beiden Apparate zu bewerkstelligen. Ich erinnere ferner daran, wie schwierig es ist, zwei Uhrwerke so herzustellen, dass sie auch nur auf ganz kurze Zeit vollständig gleich mit einander gehen. Endlich würde eine derartige Untersuchungsmethode wenigstens für klinische Zwecke allzu complicirt erscheinen und kaum die Untersuchung von einem Beobachter allein ausführbar sein.

Ich habe darum, da auch auf solchem Wege ein genauer Vergleich der beiden Seitenhälften oder irgend welcher Punkte nicht zu ermöglichen war, einen andern Weg betreten, der allerdings zur Folge hatte, dass der nun hervorgegangene Apparat sich sehr wesentlich von dem zuerst von mir angegebenen Stethographen unterscheidet.

Bei der Construction dieses neuen Apparates stellte ich mir die Aufgabe, einen Apparat zu Stande zu bringen, mittelst dessen es möglich ist, in einem und demselben Zeitmomente die verschiedensten und in beliebiger Entfernung gelegenen Thoraxpunkte zugleich zu zeichnen, so dass man ebensowohl im Stande ist, zwei Punkte, die unmittelbar neben einander gelegen sind, zugleich darzustellen, als auch zwei Punkte, deren Entfernung von einander dem grössten Längen- oder Querdurchmesser des Thorax entspricht. Alle dazwischen gelegenen Punkte müssen selbstverständlich mit der gleichen Sicherheit gezeichnet werden können.

Wie ich bereits bei Beschreibung meines früheren Stethographen erwähnte, ist es in vielen Fällen höchst wünschenswerth und zur Erkennung feinerer Differenzen absolut nöthig,

die wirkliche Verschiebung des zu untersuchenden Thoraxpunktes bei der graphischen Darstellung in beliebiger Weise vergrössern zu können. Es erscheint diess insbesondere nöthig bei Untersuchung solcher Stellen, deren Bewegung vom Hause aus nur eine sehr geringe ist. Ich habe bereits bei Construction meines einfachen Stethographen diesem Punkte die gebührende Rechnung getragen; an meinem neuen Apparate habe ich eine analoge Vorrichtung angebracht, nur mit dem Unterschiede, dass der Spielraum, der hier der Willkür für die Vergrösserung gelassen ist, ein weit beträchtlicherer ist.

In wie weit es mir gelungen ist, die oben erwähnte Aufgabe zu lösen, mag am besten aus der Beschreibung und Betrachtung des Apparates selbst sowie aus den damit gewonnenen Resultaten hervorgehen.

III.

Der Doppelstethograph.

Der Apparat, welcher dem Zwecke dienen soll, gleichzeitig die Bewegungen zweier beliebiger Stellen in der Weise zu zeichnen, dass ein directer Vergleich derselben mit möglichster Leichtigkeit stattfinden kann und dem ich zur Unterscheidung von meinem einfachen Stethographen den Namen „Doppelstethograph" beilege, besteht aus einem Papierstreifen, welcher durch ein Uhrwerk in horizontaler Richtung vorwärts bewegt wird, aus zwei Federn, die zu beiden Seiten des Papierstreifens an einem Hebelwerke angebracht sind und aus zwei Hebeln, welche durch den Thorax in Bewegung gesetzt werden und ihre Bewegungen auf diese zwei Schreibfedern übertragen. Tafel I zeigt den ganzen Apparat in perspectivischer Ansicht. Ich bemerke, dass nur bezüglich des Stativs auf der Zeichnung dem relativen Grössenverhältnisse nicht Rechnung getragen werden konnte, dass alle übrigen wesentlichen Theile des Apparates dagegen annähernd in ihren relativen Grössenverhältnissen dargestellt sind.

Der ganze Apparat wird von einem eisernen Stativ getragen, das nach unten in einen mit Blei ausgegossenen Fuss endigt. Von dem senkrechten Balken geht nach beiden Seiten ein Querbalken ab, dessen beide Theile eine ungleiche Länge besitzen. Der kürzere Querbalken besteht aus einer runden Eisenstange, die zum Tragen des auf ihr verschiebbaren Gegengewichtes bestimmt ist. Der längere Querbalken, der 4kantig ist und eine beträchtliche Länge besitzt, dient als Träger des Apparates, der in der ganzen Länge des Querbalkens auf diesem verschiebbar ist.

Die einzelnen Theile des Apparates sind auf Tafel I nicht näher mit Buchstaben bezeichnet, um die gegenseitige Anordnung derselben besser sichtbar zu machen.

Zur genaueren Orientirung ist Tafel II beigegeben, die die wichtigsten Theile des Apparates in der geometrischen Projection wiedergibt. Auf Tafel II ist dem relativen Grössenverhältnisse der einzelnen Apparattheile möglichst Rechnung getragen. Des leichteren Verständnisses wegen habe ich auf Tafel II die wichtigeren Theile mit Buchstaben bezeichnet.

Ich wende mich sofort zur Beschreibung der einzelnen Theile des Apparates, wie sie auf Tafel II dargestellt sind. Eine genauere Beschreibung der auf Tafel I dargestellten Figur dürfte nach dieser unnöthig erscheinen.

A (Fig. 1, 2 und 3) stellt ein Gehäuse dar, in dem das Uhrwerk, das den Schlitten vorwärts zu bewegen hat, eingeschlossen ist. B (Fig. 1) ist eine Rolle, auf welche sich eine dünne Seidenschnur aufwickelt, die am vorderen Ende des Rahmens über zwei Räder C C hinwegläuft, um dann zum Schlitten D sich zu begeben. Auf dem Schlitten D ist der Papierstreifen E (Fig. 3) in später noch genauer zu erwähnender Weise befestigt. Der Schlitten D ist auf den Stahlstangen F F (Fig. 1) ganz leicht nach vorne wie nach rückwärts verschiebbar. Derselbe wird zunächst durch die oben erwähnte Seidenschnur, die zum Uhrwerk geht, vorwärts bewegt.

H ist ein sogenanntes T-Eisen, welches die beiden Stangen F F trägt. K K (Fig. 2 und 3) sind zwei Platten, welche an der Stange H, die eine zur rechten, die andere zur linken Seite durch die Schraube L befestigt und wieder abgenommen werden können. Diese Platten K K dienen als Träger des in Figur 2 dargestellten Hebelsystemes; dieselben sind mit dem Hebelsysteme fest verbunden und können mit diesem durch die Schraube L, durch welche sie zu beiden Seiten der Stahlstangen befestigt sind, jederzeit von da abgenommen werden, um so den Apparat in seine einzelnen Theile zerlegen und leicht in einem Kasten aufbewahren zu können.

Die Länge dieser beiderseitigen Hebelsysteme zusammen übertrifft noch die Grösse des grössten Längen- oder Querdurchmessers des Thorax.

Die an diesem Hebelsysteme befindliche kantige Stange W läuft an ihren beiden Enden in eine ganz feine Spitze aus, durch welche deren Drehung nach jeglicher Richtung mit grösster Leichtigkeit ermöglicht ist. An dieser Stange W wird der auf den Thorax aufzusetzende Hebel und zwar an dem von ihr abgehenden Stahlstängchen O befestigt und es ist nun durch Verschiebung der Stahlstange O in der ganzen Länge des Hebels W ermöglicht, jeden beliebigen Punkt, sei er ganz nahe oder möglichst entfernt der Mittellinie, mit der gleichen Genauigkeit zu zeichnen.

Dieses Hebelsystem nebst der von ihm abgehenden und zur Aufnahme des vom Thorax kommenden Hebels bestimmten Stahlstange ist in gleicher Weise zu beiden Seiten des Apparates angebracht, so dass beiderseits jede Bewegung irgend eines beliebigen Punktes sich mit der gleichen Sicherheit auf diese Hebel übertragen muss, von wo sie, wie in Figur 3 ersichtlich ist, durch eine Fortsetzung von O nach N auf die zeichnende Feder übertragen wird.

M ist der Schreibhebel, der die Zeichnung auf dem Papierstreifen E zu übernehmen hat, N ist die Stahlplatte, auf welcher das eine (hintere) Ende des Schreibhebels M aufliegt. O ist das vom Hebelwerk abgehende und an diesem verschiebbare Stück, in welches in dem Punkte P die vom Thorax kommende Stange S mit dem Plättchen R eingehängt wird. Dieses Plättchen R ist so eingerichtet, dass es sich in einem Charnier beliebig schräg oder gerade stellen lässt, sodass es jeglicher Form und jeglicher Stelle des Thorax leicht anzupassen ist.

Die Plättchen sind von sehr verschiedener Gestalt und Grösse und müssen deren eine grössere Zahl von verschiedenem Durchmesser und verschiedener Krümmung vorhanden sein.

T ist eine Eisenstange, welche vom Ständer kommt und unter einem rechten Winkel zu demselben steht. Dieselbe ist nach jeglicher Richtung drehbar. Auf der Stange T lässt sich eine Hülse U verschieben, an der eine zweite Hülse V befestigt ist, in welch' letzterer sich ein conischer Zapfen drehen lässt. Dieser conische Zapfen ist am Uhrwerk A befestigt. Diese Einrichtung hat den Zweck, den Apparat nach jeder

Seite drehen und denselben leicht den verschiedensten Punkten des Thorax anpassen zu können, ohne die Lage des Patienten verändern zu müssen.

An Figur 3 befindet sich die Vorrichtung angebracht, wie der Schreibhebel 10malige Vergrösserung angibt und nicht verändert werden kann, während Figur 4 ihn mit beliebig veränderlicher Vergrösserung angibt. Der Hebel M lässt sich nämlich mit einer Hülse (siehe Figur 4), welche sich auf eine Verlängerung des K schiebt, beliebig verstellen. Je nachdem man nun das Stäbchen S, das unten die Platte R trägt, in I oder II, d. h. die vordere oder hintere Oeffnung von O, hängt und je nachdem man die Hülse mit dem Hebel nach der angegebenen Theilung stellt, erhält man eine von Einheit zu Einheit bis 30 gehende Vergrösserung, indem der Lappen N in verschiedener Länge auf den Schreibhebel einwirkt. (Der einfache Stethograph in der zuletzt von mir angegebenen Form gestattete eine bis 18 gehende Vergrösserung). Der Apparat kann in hängender Richtung angewandt werden, so dass der vom Stativ kommende Querbalken T den obersten Theil, der Papierstreifen mit dem Hebelwerk den untersten Theil des Apparates bildet. Derselbe kann aber eben so gut auch in der entgegengesetzten Richtung applicirt werden, wie diess Tafel I darstellt.

Der Schlitten D setzt sich nach oben in einen Rahmen fort, der zur Aufnahme des die Zeichnung übernehmenden Papierstreifens dient. Das Ganze, Schlitten und Rahmen mit Papierstreifen, gleiten in der bereits erwähnten Weise leicht und sicher in gerader Linie auf den beiden Stangen FF fort und werden so vor den beiden Schreibhebeln vorbeigeführt. Ist nun der Schlitten an seinem Ende resp. am Ende der Stahlstangen angelangt, so werden nur die Klemmen, die den Papierstreifen tragen, abgenommen und ein neuer Papierstreifen eingesetzt, nachdem zuvor der Schlitten D zurückgeschoben wurde. Das Zurückschieben des Schlittens auf seinen Ausgangspunkt ist mit grösster Leichtigkeit zu bewerkstelligen, indem die Rolle B nach rückwärts einen sogenannten Leergang besitzt und nur nach vorwärts mit dem Uhrwerke in Verbindung steht. Die Untersuchungen lassen sich somit sehr schnell ausführen.

Das Uhrwerk bildet den Mittelpunkt des Apparates, so dass die Abstände nach beiden Seiten ganz gleich sind. Nur auf Tafel II Figur 1 ist auf der einen Seite ein kleines Stück der Stahlstangen abgebrochen gezeichnet.

Der Papierstreifen ist 40 Cm. lang und 10 Cm. hoch, so dass man hinreichend grosse Curven, wie auch eine hinreichende Anzahl einzelner Athmungen neben einander erhalten kann.

Das Hebelsystem des Apparates, wie auch verschiedene andere Theile desselben sind leicht abschraubbar, um so den ganzen Apparat vom Stativ leicht entfernen und in einem Etui aufbewahren zu können.

Wie bereits früher erwähnt, ist die Vergrösserung der Curven verschieden, je nachdem die Hülse mit dem Schreibhebel auf diesen oder jenen Strich der Theilung gesetzt wird. Die Hauptnummern der Vergrösserung sind am Apparate mit Zahlen, die dazwischen liegenden Nummern mit Theilstrichen bezeichnet. Die Vergrösserung ist dann weiterhin verschieden, je nachdem das Stängelchen S bei O in das Loch I oder II gesteckt wird.

Bei I gelten die Zahlen: 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
Bei II gelten die Zahlen: 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 etc.

Will man eine noch geringere Vergrösserung als 5 wählen, so braucht man nur die Hülse noch weiter um die gewünschte Zahl von Theilstrichen zurückzuschieben.

Die, wie bereits bemerkt, sehr verschiedengestaltigen Platten, die auf die Brust aufgesetzt werden, sind an dem vom Apparate zum Thorax gehenden Stängelchen S an- und abschraubbar. Das eine dieser zu den Brustplatten gehenden Stängelchen kann nach Belieben verlängert oder verkürzt werden, wenn etwa der zu beobachtende eine Theil der Brust niederer oder höher als der andere gelegen wäre.

Die Umlaufszeit des Schlittens beträgt bei der jetzigen Einstellung eine halbe Minute; dieselbe kann natürlich leicht durch Vergrösserung oder Verkleinerung des Flügels in beliebiger Weise und nach Bedarf geändert werden.

Bezüglich der Handhabung des Apparates sind noch folgende Punkte zu erwähnen:

Der Papierstreifen, zu dessen beiden Seiten die Zeichnung stattfindet, wird in dem früher erwähnten Stahlrahmen befestigt. Das Papier selbst wird durch polirte Klemmen, die durch eine oben angebrachte Schraube zusammengehalten werden, an beiden Seiten fixirt und diese an dem Stahlrahmen, die eine mittelst eines am Rahmen befindlichen Hakens, die andere mittelst eines Stiftes, der mit einer Schraube in Verbindung steht, befestigt.

Das Einsetzen der Papierstreifen wird in sehr einfacher Weise ermöglicht. Es werden nämlich die polirten Klemmen, in welchen der Papierstreifen befestigt ist, aus dem Stahlrahmen herausgenommen, was bei der einen durch Zurückschieben des Hakens, bei der andern durch Herausnehmen des Stiftes leicht geschehen kann, und nun zwischen die beiden Branchen der Klemmen ein frischer Papierstreifen eingelegt. Das Ganze, Papierstreifen mit Klemmen, wird dann wieder in den Stahlrahmen eingefügt. Mittelst der an dem einen Ende des Rahmens befindlichen Schraube wird das Papier festgespannt, so dass es vollkommen glatt und eben zu beiden Seiten erscheint. Der Papierstreifen wird am besten gleich, nachdem er durchgelaufen ist, herausgenommen und dann nur der leere Rahmen zurückgeschoben, wornach der neue Papierstreifen einzuhängen ist.

Wenn der Papierstreifen durchläuft, so ist die eine Hand an das Arretirungsknöpfchen zu bringen, welches sich am Windflügel befindet und welches von links nach rechts gedreht den Apparat in Bewegung setzt und umgekehrt arretirt. Sowie die Führungshülsen DD gegen das Ende kommen, ist der Apparat anzuhalten, indem sonst die Hülsen zu fest an ihren Anschlag gepresst werden und dann das Zurückschieben erschwert wird.

Das Zurückschieben geschieht auf folgende Weise: Die linke Hand drückt leicht auf den Stahlvorsprung an der Rolle B, während die rechte den Schlitten am hinteren Ende anfasst und zurückschiebt. Selbstverständlich bleibt während dem der Apparat arretirt.

Der grösseren Einfachheit wegen und insbesondere um die beiderseitigen Curven direct (indem man den Papierstreifen einfach gegen die Helle hält,) mit einander vergleichen zu

können, nehme ich die Zeichnungen nicht mehr auf berusstem Papier, sondern auf gewöhnlichem weissen Zeichenpapier vor.

Die Zeichnung selbst wird von einer ganz feinen und äusserst leicht gearbeiteten Feder übernommen; an beiden Enden der Schreibhebel befindet sich je eine solche; diese Federn sind so leicht, dass die Schreibhebel dadurch nicht im Mindesten an ihrer Empfindlichkeit verlieren. Die Federn werden mittelst eines Pinsels mit reiner feiner Tusche gefüllt; eine derartige Füllung genügt stets vollständig für eine Zeichnung, meistens sogar für zwei und selbst mehrere.

Selbstverständlich muss man bei Einstellung des Apparates, resp. der Schreibhebel, dafür Sorge tragen, dass die Federn nicht zu stark an das Papier drücken, sondern so leicht als möglich dort vorbeigeführt werden, damit auch die raschesten und feinsten Bewegungen noch genau gezeichnet werden. Ebenso müssen die Federn der Art eingestellt werden, dass die Zeichnung eine möglichst feine wird.

Dass während der Untersuchung selbst möglichste Ruhe in der nächsten Nähe des Apparates herrschen und jede stärkere Erschütterung vermieden werden muss, ist kaum nöthig zu erwähnen.

Soll das Uhrwerk aufgezogen werden, so muss dasselbe vorher erst abgestellt sein und diess geschieht mit dem früher erwähnten Knöpfchen an der runden Kapsel, die den am hinteren Ende des Uhrwerks befindlichen Windflügel einschliesst. Dieser Knopf hat inwendig einen Hebel, der die Windfahne hält.

Da wohl stets bei der Mehrzahl derartiger vergleichender Untersuchungen zweier correspondirender oder auch verschiedener Punkte des Thorax des directen und besseren Vergleichs wegen beiderseits die gleiche Vergrösserung gewählt werden wird, so resultirt daraus, dass, wenn man beiderseits die Einstellung der Federn annähernd auf den gleichen Punkt vorgenommen hat, die beiderseitigen Curven und zwar jede einzelne Linie beider Punkte sich entweder decken oder unmittelbar über einander zu stehen kommen. Ein genauer Vergleich ist somit in der einfachsten Weise ermöglicht.

Die Zeichnung wird auf gewöhnlichem Zeichenpapier vorgenommen, das nach einem Holzrahmen, der genau der Grösse

des den Papierstreifen tragenden Stahlrahmens entspricht, sehr rasch und leicht in der entsprechenden Form und in der nöthigen Anzahl der Streifen vor jeder Untersuchung zubereitet werden kann. Dieses Zeichenpapier gestattet stets, selbst bei den feinsten Zeichnungen, die auch auf der nicht direct gesehenen entgegengesetzten Seite des Papierstreifens dargestellten Curven mit grosser Deutlichkeit und Schärfe zu erkennen, wenn man das Papier nur gegen das Fenster oder die Helle hält.

Da die beiderseitigen Curven stets wenigstens annähernd von einem und demselben Punkte aus beginnen, so ist es auf solchem Wege ermöglicht, auch die geringste Differenz in der Bewegung einer Seite sofort zu erkennen und es ist diess um so leichter und um so exacter möglich, als die Vergrösserung der wirklichen Bewegung, wie bereits erwähnt, selbst bis auf 30 erhöht werden kann. Bei der beträchtlichen Länge der Platte, die eine grosse Zahl der Athmungscurven neben einander darzustellen gestattet, ist man sehr leicht in den Stand gesetzt, sich von der Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit dieser Verhältnisse zu überzeugen und etwaige Zufälligkeiten mit Sicherheit auszuschliessen.

Ich brauche kaum hervorzuheben, dass eine solche Art der Darstellung, wobei jede einzelne Bewegung einer Seite oder eines Punktes sofort an derselben Stelle auch von der anderen Seite oder einem beliebigen Punkte in gleicher Weise wiedergegeben wird, weit grössere Vorzüge und Bequemlichkeiten bietet, als eine Methode, bei der man etwa auf zwei neben einander gelegten Papierstreifen die beiderseitigen Bewegungen gesondert zeichnet.

Ein grosser Missstand dieser letzteren Methode ist schon darin gelegen, dass die eine dieser Tafeln dann von rechts nach links, die zweite von links nach rechts gelesen werden muss, so dass man, wenn man feinere Unterschiede noch erkennen will, entweder die eine Curve nochmals umsetzen muss oder erst durch eine umständliche Berechnung sich von diesen Differenzen überzeugen kann.

Dass indess auch die letztere Methode bei meinem Apparate leicht in Anwendung gezogen werden kann, glaube ich kaum

nöthig zu haben, noch speciell zu erwähnen. Man braucht dann nur statt eines Papierstreifens zwei solche in den Rahmen einzuspannen. Ich glaube indess kaum, dass Jemand, der sich einmal von der Klarheit und Uebersichtlichkeit der nach dieser ersteren Methode gewonnenen Curven überzeugt hat, die zweite wählen wird. Selbst wenn auch die beiden zeichnenden Federn in sehr verschiedener Höhe zu schreiben beginnen würden, so ist bei dieser ersteren Form der Darstellung ein so genauer Vergleich der beiderseitigen Bewegungen noch immer ermöglicht, wie er bei keiner anderen Methode gegeben ist, wie er aber gerade für klinische Zwecke in vielen Fällen höchst wünschenswerth und zur Entscheidung mancher Fragen sogar durchaus nöthig erscheint.

Ebenso kann man durch Entfernen der Federn und Ersatz derselben durch eine feine Spitze den Schwarzschreiber in einen Weissschreiber umwandeln und so beiderseits auf berusste Papierstreifen schreiben.

Dieser in den vorstehenden Blättern beschriebene Apparat ersetzt, wie ich glaube, den von mir früher construirten Stethographen in vollstem Maasse, hat aber insbesondere noch den Vortheil, dass hier ein mathematisch genauer Vergleich der an verschiedenen Orten statthabenden Bewegungen möglich ist, was bei meinem früheren nicht, wie bei keinem der in diese Reihe gehörigen Apparate gegeben war. Bezüglich der vergleichenden Untersuchung der Bewegungen beider Brusthälften in krankhaften Zuständen ist überhaupt noch niemals auch nur der Versuch zu einer derartigen Untersuchungsmethode gemacht worden.

Aber auch zu physiologischen Zwecken scheint eine derartige Methode zur Entscheidung mancher Fragen wünschenswerth. So ist es einleuchtend, dass man nur durch gleichzeitige Messung verschiedener Punkte sich über die genauen Grössen- und Zeitdifferenzen derselben, über die Grösse der Bewegungsgeschwindigkeit der verschiedenen Thoraxabschnitte zu verschiedenen Zeiten der Athmungsphasen wird Rechenschaft geben können. Schon bei meinen früheren mittelst meines einfachen Stethographen angestellten Versuchen ergab sich, selbst wenn ich die Versuchspersonen unter möglichst günstigen Be-

dingungen und bei möglichst abgelenkter Aufmerksamkeit untersuchte, sowohl bei Gesunden als bei Kranken, dass fast niemals zwei Messungen, die nach einander angestellt waren, ganz gleiche Resultate zeigten. Bei der grossen Breite der in das Bereich des Normalen gehörenden Schwankungen mag der hieraus für die Grössenverhältnisse resultirende Fehler für manche Zwecke vielleicht nicht sehr in die Wagschale fallen; für klinische Zwecke sind derartige Zahlen da, wo es sich um Vergleiche handelt, kaum verwerthbar, wie sich am besten bei Betrachtung pathologischer Fälle und der an diesen gewonnenen Curven ergeben wird.

Bezüglich der genaueren zeitlichen Verhältnisse der Bewegungen verschiedener Punkte gibt aber auch in physiologischen Fragen die erstere Methode kaum hinreichende Aufschlüsse. Ich habe darum auch neuerdings wieder eine grössere Reihe von Versuchen an gesunden Individuen beiderlei Geschlechtes vorgenommen, die meine früheren Resultate theils bestätigten, theils erweiterten.

Dass man wie für die Athembewegungen, so auch für die graphische Darstellung anderer Bewegungen, insbesondere da, wo es sich um genaue Vergleiche zweier verschiedener Bewegungen handelt, den eben beschriebenen Apparat benützen könne, scheint mir kaum mehr nöthig, jetzt noch hervorzuheben. Ich erwähne noch, dass ich mittelst dieses Apparates wiederholt ausgezeichnet schöne Curven von Leberpulsen, von der Herzbewegung, von arteriellen Pulsationen und dergleichen mehr dargestellt habe. Selbstverständlich muss dann die Form der Platte, die auf den sich bewegenden Theil aufgesetzt wird, diesem jederzeit entsprechend angepasst sein.

Bevor ich zur Besprechung meiner eigenen Resultate übergehe, muss ich noch einige Punkte in Betreff der Anstellung derartiger Untersuchungen erwähnen. Wie sehr die Aufmerksamkeit die Athmungsform, die Athmungsgrösse und -zahl beeinflussen kann, ist allzubekannt, als dass es nöthig wäre, hier noch speciell darauf hinzuweisen. Nur so lässt sich ja die grosse Differenz, die zwischen den einzelnen Beobachtern be-

züglich vieler Punkte besteht, erklären, zumal viele derselben diese Beobachtungen an sich selbst angestellt haben. Längst ist es auch bekannt, welchen Einfluss die verschiedene Körperstellung nicht nur auf die Zahl, sondern auch auf die Form der Athmung hat. Will man darum irgendwie vergleichbare Bilder gewinnen, dann erscheint es durchaus nöthig, alle diese Beobachtungen unter den gleichen Bedingungen anzustellen, für alle die gleiche Lage und Stellung zu wählen.

Schwieriger dagegen dürfte es sein, die Aufmerksamkeit des Patienten vollständig abzulenken. Diese Schwierigkeit wird zum Theil sogar eine unüberwindliche, wenn es sich um derartige an ganz kleinen Kindern vorzunehmende Untersuchungen handelt. Gelingt es selbst, die Furcht dieser kleinen Patienten vor dem Untersuchungsapparate allmählich zu beseitigen, so wird die Aufmerksamkeit derselben durch diese Vorgänge so gefesselt, dass kaum eine einzige brauchbare Curve zu gewinnen ist, dass keine Athmung der andern gleicht.

Diejenigen Resultate werden stets die zuverlässigsten sein, die an Individuen gewonnen wurden, die durchaus der Untersuchung fremd sind und nicht wissen, was eigentlich an ihnen untersucht wird. Die niedere Volksklasse eignet sich darum am besten zu derartigen Untersuchungen.

Die vielleicht anfänglich bei Einzelnen bestehende Angst ist bei meinen Versuchen vollständig ausser Rechnung gekommen, da fast alle Patienten des Krankenhauses zur Untersuchung verwendet wurden und darum fast Jeder wiederholt Gelegenheit hatte, sich von dem Gange der Manipulationen durch den Anblick der an Andern angestellten Untersuchungen zu überzeugen, ehe er selbst zur Untersuchung diente. Zudem sind die Versuche fast stets an einem und demselben Kranken wiederholt vorgenommen worden, um sich von der Richtigkeit der einmal gewonnenen Resultate zu überzeugen.

Ich habe bei meinen Untersuchungen die Kranken stets in der gewöhnlichen horizontalen Bettlage untersucht. Die Messungen müssen ohne jegliche Bekleidung der zur Untersuchung nöthigen Körperstellen vorgenommen werden. Es muss ferner auf ganz symmetrische Lage des Patienten grösste Sorgfalt verwendet werden. Diese Vorsicht ist niemals ausser

Acht zu lassen, da eine etwas seitliche Lage sofort eine ungleiche Bewegung beider Thoraxhälften bedingt, die dann eine krankhafte Affection einer Seite vorzutäuchen im Stande ist.

Ebenso muss die Lagerung des Patienten stets eine möglichst bequeme sein; ein Zwang in dieser Richtung wird leicht unregelmässige und veränderte Curven, die dann nicht mehr dem gewöhnlichen Verhalten entsprechen, zu Tage fördern. Insbesondere aber ist bei dyspnoischen Kranken der bequemen Lagerung sorgfältig Rücksicht zu tragen, sollen nicht willkürlich veränderte Curven, die nicht mehr den veränderten mechanischen Verhältnissen des Thorax entsprechen, gewonnen werden.

Damit auch das Versuchsindividuum nicht selbst gegen seinen Willen der Thätigkeit des Apparates seine Aufmerksamkeit schenke, wodurch stets Kunstprodukte erzeugt werden, habe ich häufig die Vorsicht angewendet, die Patienten die Augen während der Untersuchung schliessen zu lassen. Ich habe mich oft überzeugen können, dass auf solche Weise die Aufmerksamkeit der Versuchsperson sehr gut abgelenkt werden konnte. Die grosse Regelmässigkeit und Gleichmässigkeit dieser so gewonnenen Curven, die bei stundenlangen Versuchen und bei nach Tagen und Wochen, selbst nach Monaten wiederholten Untersuchungen immer sich in gleicher Weise ergaben, bürgt am besten für die Richtigkeit der gewonnenen Resultate.

Als Versuchsmaterial diente das gesammte Material der beiden medicinischen Abtheilungen des hiesigen Krankenhauses, zum Theil auch das der übrigen Abtheilungen. Die Messungen sind bei einiger Uebung so leicht anzustellen, dass ich oft in einem Zeitraum von ein paar Stunden 30 Doppel-Curvenblätter und selbst mehr gezeichnet habe. Eine Assistenz ist bei diesen Untersuchungen durchaus nicht nöthig. Immerhin kann nicht geläugnet werden, dass es erst nach wiederholten Uebungen gelingt, alle Fehler, die das Resultat trüben können, mit hinreichender Sicherheit auszuschalten und brauchbare Bilder zu erhalten. Wie es bei dem Sphygmographen erst nach längerer Uebung gelingt, zuverlässige Bilder zu erhalten, so auch hier; dagegen ist die Untersuchung mit dem einfachen Stethographen mit weit geringeren technischen Schwierigkeiten verknüpft.

Allgemeine Bemerkungen über die Respirations-Curven.

Des leichteren Verständnisses wegen für diejenigen, die sich noch nicht mit dem Studium solcher graphischen Darstellungen beschäftigt haben, schicke ich hier einige allgemeine Bemerkungen über Respirationscurven voraus.

Curven in einer Ebene sind graphische Darstellungen irgend einer Funktion zwischen zwei Variablen; die beiden Variablen, die hier functioniren, sind der sich verschiebende Thorax (y) und die vorbeilaufende Platte (x).

Bei den Respirationscurven repräsentirt die eine Variable (x) die Zeit, die andere (y) die Excursionsgrösse irgend eines Punktes des Thorax in einer bestimmten Ebene während einer Respiration, d. h. während einer In- und Exspiration.

Alle Respirationscurven haben das Gemeinschaftliche, dass sie continuirlich sind und innerhalb eines gegebenen Zeitintervalles, d. h. während einer jeden Respirationsdauer, steigen und fallen. Bei der folgenden Darstellung entspricht der ansteigende Theil der Curve der Inspiration, der absteigende der Exspiration. Die Grenze zwischen beiden heisse „oberer Culminationspunkt." (In den wenigen Fällen, in denen die Bewegung in umgekehrter Richtung erfolgte, ist diess speciell bei den betreffenden Curven bemerkt.)

Dagegen heisse die Grenze zwischen einer Exspiration und der darauf folgenden Inspiration „unterer Culminationspunkt".

Demnach ist die Abscissendifferenz zweier unterer Culminationspunkte die Respirationsdauer.

Die Abscissenachse des rechtwinklig angenommenen Coordinatensystems ist bei jeder Reihe von Respirationscurven durch die zwei untersten Culminationspunkte gelegt.

Der obere Culminationspunkt bezeichnet die Grenze zwischen In- und Exspiration. Nur für den Fall, dass mehrere Culminationspunkte vorhanden wären, dass also eine der Abscissenachse parallele Linie die Grenze zwischen Inspiration und Exspiration einerseits und Exspiration und nachfolgender Inspiration anderseits bezeichnete, kann von einer Respirationspause gesprochen werden. Der Ausdruck „Respirationspause" erfährt noch eine weitere Einschränkung durch die Betrachtung, dass nur zwischen

zwei auf einander folgenden Respirationen, nicht aber zwischen einer In- und Exspiration Nullwerthe der einen Variablen (y) vorkommen können, dass also nur eine mit der Abscissenachse zusammenfallende Gerade eine wirkliche Respirationspause bedeutet. Eine den oberen Culminationspunkt ersetzende, der Abscissenachse parallele Linie gehört nothwendiger Weise der Inspiration an und bedeutet das Verharren der Inspiration auf der erreichten Höhe. Hiemit ist also die Grenze zwischen In- und Exspiration scharf bezeichnet.

Selbstverständlich darf eine am Ende einer Respiration vorkommende wirkliche Pause weder zur Exspiration noch zur darauf folgenden Inspiration gerechnet werden.

Während einer In- oder Exspiration vorkommende Culminationspunkte sind a priori nicht undenkbar; bei gewissen Respirationsanomalien wird sich Gelegenheit bieten, hierauf zurückzukommen.

Zur Erklärung der gebrauchten Nomenklatur diene noch Folgendes:

Respirationsdauer ist die Abscissendifferenz zweier unterer Culminationspunkte.

Inspirationsdauer ist die Abscissendifferenz eines unteren und des darauf folgenden oberen Culminationspunktes.

Exspirationsdauer ist die Abscissendifferenz eines oberen und des darauf folgenden unteren Culminationspunktes.

Respirationsgrösse ist die Summe der zusammengehörigen In- und Exspirationsgrösse.

Inspirationsgrösse ist die Ordinatendifferenz eines unteren und des darauf folgenden oberen Culminationspunktes, d. i. der von dem betrachteten Punkte des Thorax während einer Inspiration in einer Ebene zurückgelegte Weg.

Exspirationsgrösse ist die Ordinatendifferenz eines oberen und des darauf folgenden unteren Culminationspunktes, d. i. der von dem betrachteten Punkte des Thorax während einer Exspiration in einer Ebene zurückgelegte Weg.

Mittlere Respirationsgeschwindigkeit ist das Verhältniss zwischen Respirationsgrösse und Respirationsdauer.

Mittlere Inspirationsgeschwindigkeit ist das Verhältniss zwischen Inspirationsgrösse und Inspirationsdauer.

Mittlere Exspirationsgeschwindigkeit ist das Verhältniss zwischen Exspirationsgrösse und Exspirationsdauer.

Momentane Geschwindigkeit des betrachteten Thoraxpunktes ist die Tangente des von der Abscissenachse und Tangentiallinie des einem fraglichen Zeitmomente entsprechenden Curvenpunktes eingeschlossenen Winkels.

Die Bestimmung dieser Grösse ist für praktische Zwecke zu umständlich und es genügt hiefür die Bemerkung, dass die momentane Geschwindigkeit des betrachteten Thoraxpunktes bei der Inspiration so lange zunimmt, als die betreffende Curve ihre Convexität gegen die Abscissenachse wendet. dass sie dagegen abnimmt, so lange die Curve ihre Concavität gegen die Abscissenachse wendet; dass ferner die momentane Geschwindigkeit des betrachteten Thoraxpunktes bei der Exspiration so lange zunimmt, als die betreffende Curve ihre Concavität gegen die Abscissenachse wendet, dass sie aber abnimmt, so lange dieselbe ihre Convexität gegen die Abscissenachse wendet.

Der den Uebergang von Concavität in Convexität der Curve anzeigende Punkt heisse „Wendepunkt der momentanen oder Wachsthumsgeschwindigkeit".

IV.

Normaler männlicher Respirationstypus.

A. Die Respirationsdauer.

Die Respirationsdauer oder Respirationsfrequenz kann man mit hinreichender Genauigkeit auch ohne das graphische Verfahren bestimmen. Zu ihrer Feststellung reicht dasselbe Verfahren aus, das man auch zur Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse der Pulse wählt. Wir sehen darum bei der vorliegenden Betrachtung von ihrer genaueren Bestimmung ab, und beschränken uns auf einige kurze Bemerkungen.

Die Frequenz der Athemzüge innerhalb eines gegebenen Zeitraumes ist von verschiedenen Autoren sehr verschieden angegeben worden, was zum Theil von den wechselnden Bedingungen, unter denen diese Untersuchungen vorgenommen worden waren, abhängen mag.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass im Normalzustande und bei Wegfall aller die Athmung beeinflussenden Factoren die Athembewegungen mit einer gewissen Regelmässigkeit und annähernd gleicher Dauer vor sich gehen. Die Athembewegung ist als solche eine unwillkürliche; indess kann der Wille, wie eine Menge anderer Einflüsse dieselbe nicht unbeträchtlich nach Form, Grösse und Zeit verändern. Schon die blosse Aufmerksamkeit auf den Respirationsact hat eine wesentliche Aenderung derselben zur Folge und derlei Momente gibt es so unzählige, dass unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Lebens die Respirationsdauer fast niemals während längerer Zeit eine völlig gleichmässige ist. Ja man kann vielleicht behaupten, dass gerade eine geringe Breite der Schwankungen

in den zeitlichen Verhältnissen der einzelnen Athembewegungen ein, wenn auch nicht entscheidender, so doch bis zu einem gewissen Grade beachtenswerther Zug der pathologischen Athmung sei.

So zeigen denn auch die graphischen Untersuchungen, wenn man grössere Versuchsreihen in Betreff dieses Verhaltens im physiologischen und pathologischen Zustande prüft, dass die Schwankungen im Bereiche der normalen Athmung beträchtlichere sind und so ist diese Schwankung eine, wenn auch wenig in die Wagschale fallende, so doch immerhin bemerkbare Seite der normalen Respiration.

Das eben Erörterte hat natürlich in gleicher Weise seine Geltung für die beiden Phasen der Einzelathmung.

Dagegen ist eine hier sich aufdrängende Frage die nach den Beziehungen zwischen der Dauer der Inspiration und der der zugehörigen Exspiration. Mittelst keiner Methode lässt sich diese Frage schärfer beantworten, als mittelst der graphischen und es genügt, die Abscissendifferenzen der betreffenden Culminationspunkte zu bestimmen, um das genaue zeitliche Verhältniss der beiden Athmungsphasen mit voller Schärfe eruiren zu können.

Auch bezüglich dieser Frage begegnen wir noch beträchtlichen Meinungsdifferenzen zwischen den einzelnen Autoren. So sagt *Vierordt* in dem Kapitel „Respiration" des *Wagner*'schen Handwörterbuchs der Physiologie (Band II. pag. 835):

„Die Dauer der Ein- und Ausathmung, sowie der zwischen beiden Acten liegenden Pause begründet mannichfaltige Differenzen in der Rhythmik der Athembewegungen. Wegen des störenden Einflusses der Aufmerksamkeit sind jedoch diese Verhältnisse beim normalen Athmen schwer zu würdigen. Im Allgemeinen kommen die Beobachter (*Stark*, *Theile*, *Walshe*) darin überein, dass die Inspiration etwas länger als die Exspiration dauert, dass die Pause zwischen Ein- und Ausathmung am kürzesten ist und selbst zwischen der Exspiration und dem nächstfolgenden Einathmen fehlt, welcher letzteren Behauptung jedoch schwerlich beizustimmen ist."

Die Mehrzahl der neueren Beobachter hat sich der Annahme angeschlossen, dass die Dauer der Inspiration etwas

kürzer als die der Exspiration sei. Diese Erscheinung versuchte man aus der kräftigeren Wirkung des inspiratorischen Muskelapparates zu erklären, während die Exspiration unter normalen Verhältnissen und bei nicht angestrengter Athmung ohne solche Muskelkräfte zu Stande komme.

Die erstgenannte Ansicht von der längeren Dauer der Inspiration stützte sich dagegen auf die Annahme, dass die Elasticität der Lungenzellen die Dauer der Inspiration verzögere, indem sie der inspiratorischen Erweiterung entgegenstrebe. Auch *Budge*[1]) sagt, dass nach seiner Beobachtung die Inspiration ein wenig länger währe, als die Exspiration. Bei ihm dauerte von der Zeit an, wo er die Bewegung zu fühlen anfing, eine Inspiration 1,25 Secunden, die Exspiration 0,5 Secunden während des ruhigen Athmens.

Schnepf[2]) kam nach zahlreichen Versuchen zu der Ansicht, dass ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Dauer der In- und Exspiration nicht bestehe.

Seit *Vierordt*'s und *Ludwig*'s[3]) mittelst der graphischen Methode an 5 Versuchspersonen angestellten Untersuchungen der Athembewegungen ist die Ansicht von der kürzeren Dauer der Inspiration zu grösserer Geltung gekommen. Dieselben fanden im Endmittel:

Inspirationsdauer.	Zugehörige Exspirationsdauer.
8,2	22,7
13,4	26,3

Indessen weichen die Ansichten der einzelnen Autoren auch jetzt noch bezüglich der genaueren zeitlichen Verhältnisse nicht unbeträchtlich von einander ab.

Es kann kein Zweifel bestehen, dass die graphische Methode zur Entscheidung dieser Frage wesentlich geeigneter ist, als eine Methode, bei der man die Beobachtungen an sich selbst oder auch an Andern in der Weise anstellt, dass man von dem Momente an, wo man die Bewegung fühlt oder sieht, den Beginn der Athmungsphase rechnet. Es ist ferner schon

[1]) Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen. 1862. p. 91.

[2]) Capacité vitale du poumon, ses rapports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine, par le docteur *B. Schnepf*. Paris. 1858.

[3]) Archiv für physiologische Heilkunde. 14. Jahrgang. 1855. p. 253.

allzuoft auf den störenden Einfluss der Aufmerksamkeit hingewiesen worden, als dass es nöthig wäre, diesen hier nochmals zu betonen.

Bezüglich meiner eigenen graphischen Untersuchungen muss ich ausdrücklich bemerken, dass sie stets bei vollkommen ruhiger Athmung vorgenommen wurden. Ich habe bei diesen Untersuchungen stets eine den normalen Verhältnissen möglichst entsprechende Athmung erzielen wollen, um auf solche Weise besser den Vergleich mit pathologischen Formen zu erhalten. Möglichst tiefe Athmungen vermögen aber diesen Rhythmus sehr beträchtlich zu ändern; wie sehr derselbe von der Norm abweicht, davon kann man sich gerade mittelst des graphischen Verfahrens leicht überzeugen. Ebenso wurden die Aufmerksamkeit und weitere die Athmung beeinflussende Momente möglichst ausgeschaltet.

Ich unterlasse es, hier eine genaue Berechnung aller meiner nach Hunderten zählenden an normalen Männern gewonnenen Curven vorzuführen. Um indess dem Leser die Möglichkeit zu geben, sich selbst aus der Betrachtung solcher Zahlenreihen ein Urtheil zu bilden, stelle ich hier eine kleine Zahl solcher Berechnungen zusammen; diese Untersuchungen betrafen nur ganz gesunde kräftige Männer.

Ich wähle absichtlich verschiedene Altersperioden und füge in der Tabelle das jeweilige Alter der Versuchsperson bei. Von jeder Versuchsperson sind in der folgenden Tabelle je 3 Curven in solcher Weise berechnet. Zugleich verweise ich bezüglich dieses Punktes auf die in den Tafeln befindlichen Normalcurven.

Tabelle I.

Beziehungen zwischen der Dauer der In- und der der Exspiration.

Nro.	Alter der Versuchspersonen	Inspir.-dauer	Exspir.-dauer	Differenz	Respir.-dauer	Nro.	Alter der Versuchspersonen	Inspir.-dauer	Exspir.-dauer	Differenz	Respir.-dauer
I.	38 Jahre	20,5	28	+ 7,5	48,5	II.	27 Jahre	10	14	+ 4	24
	„	24	25	+ 1	49		„	11	14,5	+ 3,5	25,5
	„	26	29	+ 3	55		„	14	15,5	+ 1,5	29,5

Nro.	Alter der Versuchspersonen	Inspir.-dauer	Exspir.-dauer	Differenz	Respir.-dauer
III.	23 Jahre	17	20	+ 3	37
	„	14,5	17	+ 2,5	31,5
	„	19	19	0	38
IV.	19 Jahre	15	16	+ 1	31
	„	19	21,5	+ 2,5	40,5
	„	20	24	+ 4	44
V.	37 Jahre	36	37	+ 1	73
	„	25	25	0	50
	„	42	48	+ 6	90
VI.	18 Jahre	20	20	0	40
	„	23	25	+ 2	48
	„	21	21	0	42
VII.	20 Jahre	14	18	+ 4	32
	„	13	16	+ 3	29
	„	14,5	14,5	0	29
VIII.	44 Jahre	13	14	+ 1	27
	„	9	8	— 1	17
	„	8	10	+ 2	18
IX.	18 Jahre	11	12	+ 1	23
	„	10	9,5	— 0,5	19,5
	„	14	20	+ 6	34
X.	20 Jahre	19,5	23	+ 3,5	42,5
	„	18	21	+ 3	39
	„	20	24,5	+ 4,5	44,5
XI.	15 Jahre	11	11	0	22
	„	13	12	— 1	25
	„	10,5	15	+ 4,5	25,5
XII.	55 Jahre	11,5	16,5	+ 5	28
	„	12	16,5	+ 4,5	28,5
	„	10	12	+ 2	22
XIII.	18 Jahre	14	16,5	+ 2,5	30,5
	„	17	14,5	— 2,5	31,5
	„	17,5	16	— 1,5	33,5
XIV.	20 Jahre	34	38	+ 4	72
	„	28	31,5	+ 3,5	59,5
	„	27	31	+ 4	58
XV.	38 Jahre	16,5	19	+ 2,5	35,5
	„	20	23	+ 3	43
	„	17	17	0	34
XVI.	46 Jahre	21	23,5	+ 2,5	44,5
	„	16	15	— 1	31
	„	14	19	+ 5	33
XVII.	16 Jahre	19,5	24,5	+ 5	44
	„	25	25	0	50
	„	21	21,5	+ 0,5	42,5
XVIII.	43 Jahre	11	13	+ 2	24
	„	12	13	+ 1	25
	„	11,5	12	+ 0,5	23,5
XIX.	21 Jahre	13,5	15	+ 1,5	28,5
	„	12	11,5	— 0,5	23,5
	„	9	10	+ 1	19
XX.	46 Jahre	15	20	+ 5	35
	„	20	20	0	40
	„	15	15	0	30
XXI.	17 Jahre	18	19	+ 1	37
	„	18	18	0	36
	„	17,5	16	— 1,5	33,5
XXII.	34 Jahre	16	22	+ 6	38
	„	17	22	+ 5	39
	„	19	21	+ 2	40
XXIII.	44 Jahre	22	35	+ 13	57
	„	23	24	+ 1	47
	„	18	19	+ 1	37
XXIV.	27 Jahre	21	31	+ 10	52
	„	23	31	+ 8	54
	„	23	32	+ 9	55

Die voranstehenden Zahlen, die an einer Reihe gesunder, den verschiedensten Altersperioden angehörender Männer gewonnen wurden, zeigen, dass selbst bei einem und demselben Individuum und bei möglichstem Ausschluss aller die Athmung beeinflussenden Momente nicht ganz unbeträchtliche Schwankungen sowohl in der Dauer der Gesammtrespiration als auch in dem relativen Verhältniss zwischen In- und Exspirationsdauer beobachtet werden. Es ergeben auch die vorstehenden Zahlen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Dauer der Inspiration etwas kürzer ist, als die der zugehörigen Exspiration. Die Differenz ist indess nie eine beträchtliche und ich kann aus

meinen Beobachtungen wenigstens als Formel für das Verhalten im Zustande möglichster Ruhe und bei Entfernung aller die Athmung beeinflussenden Momente nicht ein Verhältniss von 1 zu nahezu 3 ersehen, wie es von einzelnen Beobachtern aufgestellt wurde. Ich stelle damit keineswegs in Abrede, dass ein solches Verhalten zuweilen auch bei Gesunden vorkommen kann; immerhin wird dasselbe einen Ausnahmsfall darstellen und insbesondere dann zur Beobachtung kommen, wenn in irgend einer Weise die Athmung beeinflusst wird. In diesen Fällen sehen wir viel häufiger eine Abweichung von dem eben erwähnten normalen Verhalten in der Art, dass die Exspiration um ein Wesentliches verlängert wird, während eine wesentlich längere Dauer der Inspiration zu den kaum beobachteten Ausnahmen zu zählen ist. Dementsprechend haben wir auch in den vorstehenden Beobachtungen nur ein paar Mal eine etwas längere Dauer der Inspiration als der Exspiration; aber gerade hier ist diese Differenz stets nur eine ganz unbedeutende, so dass die Zahl der Inspirationsdauer, die wie alle vorstehenden Zahlen nach Millimetern ausgedrückt ist, nur um ein oder ein paar Millimeter die der Exspirationsdauer übertrifft. Endlich sehen wir auch zuweilen eine völlig gleiche Zahl für die Dauer der Inspiration wie der Exspiration. Wenn sich darum sagen lässt, dass eine ganz bestimmte Verhältnisszahl selbst im Zustande möglichst ruhiger und gleichmässiger Athmung nicht existirt, so ergibt sich doch auch aus unseren Beobachtungen wieder, dass in der bei weitem grössten Zahl der Fälle die Inspiration eine etwas kürzere Dauer hat, als die Exspiration.

B. Die Athempausen.

Der Frage nach den zeitlichen Verhältnissen zwischen Inspiration und Exspiration schliesst sich auf's Engste die Frage nach den Respirationspausen an.

Von verschiedenen Physiologen ist die Ansicht vertreten worden, dass unter normalen Verhältnissen deren zwei existiren, eine zwischen Inspiration und zugehöriger Exspiration und eine zweite zwischen Exspiration und der der nächstfolgenden Ath-

mung zugehörenden Inspiration. Es würde demnach eine Athmung in vier Theile zerfallen der Art, dass zuerst die Inspiration käme, dann eine Pause, dann die Exspiration und dieser folgend eine zweite Pause.

Was vorerst die zwischen In- und der zugehörigen Exspiration befindliche Pause betrifft, so ist deren Werth niemals demjenigen der Pause gleich zu setzen, die zwischen je zwei Respirationen beobachtet wird. Während letztere einen absoluten Nullwerth darstellt, hat eine zwischen In- und Exspiration befindliche Pause keinen solchen Werth. Sie stellt nicht einen absoluten Nullwerth dar, sie bedeutet die Fortdauer der inspiratorischen Kräfte während eines gewissen Zeitraumes. Will man trotzdem für beide in gleicher Weise die Bezeichnung „Pause" wählen, dann muss man sich wenigstens dieser Unterschiede beider bewusst sein.

Von der Mehrzahl der neueren Autoren wird indess eine Pause zwischen In- und Exspiration für den normalen Zustand nicht angenommen; auch *Vierordt* und *Ludwig* haben bei ihren Untersuchungen nur sehr selten eine solche beobachtet und auch dann jedesmal nur von kürzester Dauer. Meine eigenen zahlreichen Untersuchungen haben niemals bei normalen Respirationsorganen ein längeres Verharren auf der inspiratorischen Höhe ergeben; auch bei forcirter Athmung wird ein solches kaum je beobachtet; eben so wenig habe ich ein solches bei Individuen beobachtet, die ich während des Schlafes mittelst des graphischen Apparates zu untersuchen Gelegenheit hatte; nur erfolgte in letzterem Falle der Uebergang des inspiratorischen Curvenschenkels in den exspiratorischen häufig noch allmählicher als in der Norm.

Um die Frage nach dem Vorhandensein einer inspiratorischen Pause zu entscheiden, genügt schon ein einfacher Blick auf die Curven; legt man durch den oberen Culminationspunkt eine mit der Abscissenachse parallele Linie, so überzeugt man sich mit Sicherheit, dass der inspiratorische Schenkel der Curve, wenn er den oberen Culminationspunkt erreicht hat, nie länger auf diesem verharrt, sondern sofort, wenn auch sanft absteigend in die Exspiration übergeht.

Auch schon a priori muss es unwahrscheinlich erscheinen, dass die Inspirationsmuskeln, nachdem sie vom Anfang bis zum Ende der Inspiration in einer gewissen Reihenfolge und wechselnder Intensität thätig gewesen sind und die Kraft der widerstrebenden elastischen Lunge, den Widerstand des Thoraxgerüstes, der Unterleibsorgane bis zu einem gewissen Grade überwunden haben, nun in diesem Contractions-Zustande verharren und der elastischen Lungenkraft und den übrigen Kräften während längerer Zeit das Gleichgewicht halten. Ich muss indess erwähnen, dass auch hier die graphische Methode leicht dann zu irriger Auffassung dieser Verhältnisse führen kann, wenn man nur an solchen Punkten, an denen die Thoraxexcursionen sehr geringe sind, wie z. B. an den oberen Thoraxpartien bei Männern, die Verschiebung, zumal ohne Vergrösserung, misst. Bei den so geringen Excursionen dieser Theile kann man dann leicht den Eindruck einer horizontalen Linie erhalten, während man sich durch eine Vergrösserung dieser Bewegungen leicht überzeugen kann, dass auch hier fast stets keine der Abscissenachse parallele Linie existirt.

Ich muss darum nach meinen Beobachtungen die Existenz einer Pause zwischen In- und zugehöriger Exspiration im Normalzustande in Abrede stellen, da ich bei meinen äusserst zahlreichen Versuchen nie eine solche, gleichzeitig für alle inspiratorischen Kräfte, beobachtet habe.

Wenn wir schlechtweg von einer inspiratorischen Pause reden wollen, dann muss das für alle inspiratorischen Kräfte, insbesondere für den wichtigsten Inspirationsmuskel, das Zwerchfell, seine Geltung haben. Eine andere hier nicht weiter zu entscheidende Frage ist, wie das Ineinandergreifen der einzelnen inspiratorischen Kräfte in den Act der Athmung erfolgt, ob gleichzeitig oder in einer gewissen Reihenfolge und dergleichen mehr. Auf diese Fragen werden wir später noch zurückkommen.

Zur Illustration dieser Verhältnisse verweise ich auf die in den Tafeln befindlichen Normalcurven. Ich erwähne gleich hier, dass bei gewissen pathologischen Zuständen eine solche inspiratorische Pause nicht selten beobachtet wird.

Was nun die zweite Frage, die nach der Pause zwischen je zwei sich folgenden Respirationen, anlangt, so hat eine solche, wie oben erwähnt, eine wesentlich andere Bedeutung, als die zwischen In- und Exspiration vorkommende; sie stellt einen absoluten Ruhepunkt aller in- und exspiratorischen Kräfte dar, kann darum ebensowenig zur In- wie zur Exspiration gezählt werden, während eine zwischen In- und Exspiration vorkommende Pause strenge genommen noch zu der Inspiration gezählt werden müsste. Auch vom theoretischen Standpunkte aus lassen sich hier kaum derartige Bedenken geltend machen, wie gegen die Existenz der ersterwähnten Pause. Eine derartige zwischen je zwei Respirationen liegende Pause wird auch von fast allen Autoren angenommen und differiren die Angaben der einzelnen Beobachter nur in Betreff der genaueren zeitlichen Verhältnisse derselben.

Vierordt und *Ludwig* haben bei ihren graphischen Messungen gefunden, dass die Exspirationspause nur bei frequenten Athemzügen fehlt. Im Mittel aus 8 Versuchen, in welchen mit kaum einigen Ausnahmen die Exspirationspause vorhanden war, verhielt sich deren Dauer zur Dauer des Gesammtathemzuges (Inspiration + Exspiration + Exspirationspause), wie 10 : 44. Indess haben auch sie die Pause keineswegs constant gefunden. So zeigte z. B. die Versuchsperson Nr. V unter 160 Athemzügen bloss 9 Mal eine Exspirationspause; auch in anderen ihrer Versuche war die Exspirationspause selten.

Will man die Frage nach der Existenz einer Exspirationspause zur Entscheidung bringen, dann muss man die Bewegungen eines einzelnen Punktes und die des gesammten Thorax scharf auseinander halten. Stellt man die Messungen nur an einem einzigen Punkte an und findet man hier etwa zwischen zwei Athmungen eine Pause, dann ist man darum noch nicht berechtigt, diese auf die Gesammtathmung zu übertragen und hieraus eine Exspirationspause zu folgern. Erst dann, wenn sich zeigen würde, dass es einen Zeitpunkt am Ende je einer Athmung gibt, in dem alle in- und exspiratorischen Kräfte stille stehen, in dem gar keine Bewegung mehr stattfindet, könnte man schlechtweg von einer Exspirationspause sprechen. Dauert hingegen die Bewegung auch nur an einem oder dem

andern Punkte fort, während alle übrigen Punkte bereits im Ruhezustande verharren, dann kann von einer Exspirationspause im Allgemeinen noch nicht die Rede sein.

Dass man willkürlich jederzeit zwischen je zwei Athmungen eine kürzere oder längere Pause einschalten kann, ist zweifellos; auch die Aufmerksamkeit auf den Respirationsact hat bereits derartige Pausen nicht selten zur Folge. In gleicher Weise kann man derartige Pausen in soporösen Zuständen wie auch in Schlafe häufig beobachten, wie ich mich durch directe Messung mittelst des graphischen Apparates überzeugt habe.

Diese Frage kann, wie sich hieraus von selbst ergibt, darum nur auf graphischem Wege und an Personen, die der Untersuchung ganz fremd sind, mit Sicherheit gelöst werden. Zur Entscheidung dieser Frage darf man nicht solche Punkte zur Untersuchung wählen, an denen eine nur sehr geringe Verschiebung stattfindet.

Wie sich weiterhin bei Betrachtung der momentanen Geschwindigkeit und der Gestaltung der Athmungscurven ergibt, ist die Geschwindigkeit der Bewegung nicht nur an den einzelnen Punkten des Thorax eine verschiedene, so dass der eine Punkt in derselben Zeit eine grosse Wegstrecke, ein zweiter eine nur äusserst kleine zurücklegt; dieselbe ändert sich auch an jeglichem Punkte in verschiedenen Zeitmomenten der in- und exspiratorischen Phase. Man muss solche Punkte zur Untersuchung wählen, an denen eine ausgiebige Verschiebung stattfindet und da auch das Verhalten solcher Punkte, die nur minimale Bewegung zeigen, gekannt sein muss, erscheint die Nothwendigkeit einer beliebigen Vergrösserung der Curven für diesen Fall als eine dringende. Sie erscheint um so nöthiger, da sich zeigt, dass gerade am Anfang wie am Ende je einer Athmung die momentane Geschwindigkeit aller Thoraxpunkte eine relativ träge ist. Es kann darum an Stellen, an denen diese Bewegungen nur geringe sind, der Eindruck eines Ruhepunktes leicht entstehen, während eine genauere Untersuchung zeigt, dass hier eine wenn auch nur äusserst geringe Verschiebung noch stattfindet.

Meine eigenen Versuche haben mir gelehrt, dass bei ganz normaler ruhiger Athmung die Exspirationspause in der grossen Mehrzahl der Fälle fehlt, dass allerdings, wie wir sogleich sehen werden, die momentane Geschwindigkeit gegen das Ende der Exspiration stets eine beträchtlich verminderte ist. In den Fällen, in denen eine Exspirationspause auch bei ruhiger und durch nichts gestörter Athmung beobachtet wurde, war sie nur von äusserst kurzer Dauer. Dagegen wird dieselbe fast ausnahmslos beobachtet, sobald ein auch nur geringfügiges Moment die Athmung beeinflust. Insbesondere werden diese Pausen, für die ich, da sie weder der In- noch der Exspiration angehören, den Namen „Respirationspausen" vorschlagen möchte, fast stets dann beobachtet, wenn man sehr tiefe, aber langsame Athmungen vornimmt.

Da viele Beobachter ihre Untersuchungen zunächst auf möglichst tiefe und langsame Athmungen ausgedehnt haben, so mag daraus zum Theil wenigstens die Annahme dieser relativ langen Pausen vielleicht erklärbar sein; insbesondere aber mag bei blosser Betrachtung ohne gleichzeitige graphische Untersuchung es leicht geschehen, dass der letzte Act der Exspirationsphase mit seiner sehr verminderten Bewegungsgrösse den Eindruck einer bereits vorhandenen Pause macht, während feinere Hülfsmittel noch Bewegungsvorgänge zeigen.

Die graphische Untersuchung zeigt ferner, dass bei beschleunigter Athmung die Pausen fast stets vollständig fehlen; dem entspricht eine wesentlich veränderte momentane Geschwindigkeit und beträchtlich modificirte Configuration der Athmungscurven.

Wie wir demnach auf Grund der graphischen Untersuchungen zu der Annahme des Nichtvorhandenseins einer inspiratorischen Pause, d. h. eines längeren Verharrens auf der inspiratorischen Höhe, gelangt waren, so hat auch die graphische Methode die Existenz einer wenigstens längeren Athempause zwischen je zwei Respirationen als einen keineswegs häufigen Zustand erkennen lassen. Während aber mit Ausnahme gewisser pathologischer Zustände im Bereiche des physiologischen Vorkommens inspiratorische Pausen kaum je zur Beobachtung

kommen dürften, haben eine Reihe geringfügiger und oft sich wiederholender Einflüsse zur Folge, dass die gegen Ende der Exspiration beträchtlich verlangsamte momentane Geschwindigkeit zum Nullwerth herabsinkt. Damit ist die Respirationspause entstanden, die allerdings bei der grossen Breite der physiologischen Schwankungen darum häufig den einfachen Rhythmus der einzelnen sich unmittelbar folgenden Athmungen unterbrechen dürfte.

C. Die Configuration der Athmungscurven oder die momentane Geschwindigkeit.

Eine genaue Berechnung der momentanen Geschwindigkeit der Athmungscurven dürfte für die meisten Zwecke sich als zu umständlich ergeben; dagegen genügt wie bei der Analyse der Pulse die genaue Betrachtung der Configuration der Curven, um über diesen Punkt sich ein Urtheil zu bilden.

Für die Analyse dieser Verhältnisse mag es genügen, festzuhalten, dass bei der Inspiration die momentane Geschwindigkeit des betrachteten Thoraxpunktes so lange zunimmt, als die betreffende Curve ihre Convexität gegen die Abscissenachse wendet, dass sie dagegen abnimmt, so lange die Curve ihre Concavität gegen die Abscissenachse wendet. Der Uebergang von Convexität in Concavität der Curve bedeutet den Wendepunkt der momentanen Geschwindigkeit.

Bei der Exspiration verhält es sich umgekehrt, indem die momentane Geschwindigkeit des betrachteten Thoraxpunktes hier so lange abnimmt, als die betreffende Curve ihre Convexität gegen die Abscissenachse zuwendet und indem sie zunimmt, solange dieselbe ihre Concavität gegen die Abscissenachse zukehrt. Es ist selbstverständlich, dass eine gerade ansteigende Linie bei der Inspiration das Maximum der momentanen Geschwindigkeit bedeutet, dass eine senkrecht abfallende Linie bei der Exspiration gleichfalls das Maximum dieser anzeigt.

Eine nur flüchtige Betrachtung einer grösseren Reihe von Athmungscurven ergibt, dass die momentane Geschwindigkeit

durchaus nicht im Normalzustande eine stets gleichbleibende ist, dass aber ebensowenig die Zu- und Abnahme derselben eine plötzliche ist, wie wir diess bei verschiedenen pathologischen Zuständen sehen, sondern die Uebergänge in zu- und abnehmender Richtung erfolgen während einer Athmungsphase stets in ganz allmäliger und sanfter Weise. Die Schwankungen in der Breite des Normalen sind allerdings hier beträchtliche; immerhin lassen sich eine Reihe allgemeiner Sätze feststellen.

Betrachten wir eine ganz normale Respirationscurve, die im Zustande einer möglichst ruhigen und gleichmässigen Athmung aufgenommen wurde, wie eine solche Figur 1 Tafel III darstellt, so ergibt sich, dass die momentane Geschwindigkeit bei der Inspiration im Beginne derselben eine relativ geringe ist, dass sie immer mehr und zwar ziemlich rasch zunimmt, so dass sie nach kurzer Zeit bereits ihr Maximum erreicht hat. Die Maximalgrenze wird sowohl an den einzelnen Thoraxpunkten, als auch bei verschiedenen Individuen und je nach der Raschheit und Tiefe der Athmungen nach verschieden langer Zeit erreicht. Die äusserste Grenze indess, bis zu welcher dieses Maximum in der Mehrzahl der Fälle erreicht wird, entspricht ungefähr dem Ende des ersten Dritttheils der ganzen inspiratorischen Wegstrecke. Ist dasselbe erreicht, dann erhält sich die Geschwindigkeit auf der einmal erreichten Höhe während eines längeren Zeitraumes. Auch dieser Zeitraum ist ein schwankender; doch lässt sich auch hier wieder aus der Analyse einer grösseren Reihe solcher Athmungscurven der Satz aufstellen, dass kaum je die Dauer dieses relativen Gleichbleibens weniger als ein Dritttheil der ganzen inspiratorischen Wegstrecke beträgt. Gegen Ende der Inspiration, zumeist erst nach Beginn des letzten Drittels des inspiratorischen Curvenschenkels, fängt die Geschwindigkeit wieder an abzunehmen; die Abnahme wird, je mehr die Inspiration sich ihrem Ende nähert, eine desto stärkere, wie diess die Richtung der Concavität der Curve gegen die Abscissenachse zeigt. Ganz am Ende der Inspiration ist die Geschwindigkeit die geringste und so sehen wir denn stets bei ruhiger Respiration einen sanften und allmäligen Uebergang des in-

spiratorischen Curvenschenkels in den exspiratorischen, der Inspiration in die Exspiration.

In ziemlich analoger Weise gestalten sich die Verhältnisse bei der Exspiration. Wie die Inspiration im Beginne eine allmälig zunehmende momentane Geschwindigkeit zeigte, so ist diess auch beim Beginn der Exspiration der Fall. Mit jedem Zeitmoment nimmt diese Geschwindigkeit zu, um gleichfalls nach kurzer Zeit die Maximalgrenze zu erreichen. Auch den exspiratorischen Curvenschenkel sehen wir dann während einer gewissen Zeit, oft selbst in der grössten Länge seines Weges, das Maximum der Geschwindigkeit annähernd beibehalten. Je mehr sich derselbe seinem Ende nähert, desto mehr nimmt die momentane Geschwindigkeit ab, so dass mit dem Ende der Exspiration dieselbe auch die geringste zu sein pflegt.

Wir sehen darum wie am inspiratorischen so auch am exspiratorischen Schenkel anfangs zunehmende Geschwindigkeit, dann während eines längeren wenn auch schwankenden Zeitraums Gleichbleiben derselben und gegen Ende wieder an beiden, insbesondere am exspiratorischen Schenkel, mehr und mehr abnehmende momentane Geschwindigkeit; nirgends begegnen wir plötzlichen Aenderungen derselben.

Diese Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit erfolgen selbstverständlich nicht an allen Thoraxpunkten in ganz gleicher Weise und an derselben Stelle; ein specielles Eingehen auf alle diese Verhältnisse würde indess hier zu weit führen.

Etwas anders müssen sich die Curven gestalten, wenn der Rhythmus der Athmung sich verändert, wenn die Zahl der Athemzüge in der gleichen Zeit wächst. Betrachten wir Figur 2 Tafel III, die uns das Bild einer mässig beschleunigten Athmung zeigt, dann lassen sich wohl auch hier noch die eben erwähnten Gesetze wenn auch weniger vollkommen erkennen. Je mehr die Athmung eine beschleunigte wird, desto plötzlicher müssen die Uebergänge der In- in die Exspiration, der Exspiration in die nächstfolgende Inspiration erfolgen. So zeigt denn auch die Curve der beschleunigten Athmung einen wesentlich

rascheren und steileren Uebergang des inspiratorischen in den exspiratorischen Curvenschenkel. Auch der exspiratorische Schenkel geht weniger sanft und allmälig in die nächstfolgende Inspiration über, als wir es an der bei ganz ruhiger Athmung gewonnenen Curve gesehen hatten. Je mehr darum die Athmung eine beschleunigte wird, desto mehr verliert sich das Wellenförmige der Curve, desto mehr verlieren sich die sanften Uebergänge und allmäligen Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit, desto mehr besteht die Tendenz, während eines möglichst langen Zeitraumes eine gleichbleibende Geschwindigkeit zu zeigen.

Ausser der Athmungsbeschleunigung gibt es indess noch weitere Verhältnisse, die im Stande sind, die oben erwähnten Eigenthümlichkeiten der Athmungscurven trotz normaler Respirationsorgane minder deutlich in die Erscheinung treten zu lassen. Bei sehr vielen Leuten, insbesondere einer jüngeren Altersperiode, kann man, wenn man die Athmungscurven in der Länge des Sternums zumal am unteren Theile desselben aufnimmt, sich überzeugen, dass dieselben keine ganz gleichmässigen abgerundeten Figuren darstellen, sondern dass dieselben in einem ziemlich regelmässigen Tempo von kleinen Zacken unterbrochen werden. Figur 3 Tafel III stellt eine solche Athmungscurve dar, die in der Gegend des processus ensiformis aufgenommen wurde und die einem jugendlichen Reconvalescenten mit vollkommen normalen Respirations- und Circulationsorganen entstammt. Diese regelmässigen, sowohl während der Inspiration wie Exspiration deutlich erkennbaren Zacken rühren, wie sofort ersichtlich, von nichts anderem, als der Herzthätigkeit her. Aehnliche Verhältnisse bietet die Curve Nr. 4 Tafel III dar, die gleichfalls einer jugendlichen gesunden Versuchsperson angehört. Dieselbe ist am untern Theile des Corpus sterni aufgenommen und sind hier insbesondere am inspiratorischen Curvenschenkel die Herzcontractionen deutlich ausgeprägt. Auch im Epigastrium kann man häufig derartige die Athmung unterbrechende Zacken beobachten.

Sind auch diese Bewegungen im Stande, die Form der Athmungscurven in etwas zu verändern, so bleiben doch die

hauptsächlichsten der oben erwähnten Eigenthümlichkeiten auch hier noch immer deutlich erkennbar.

Hingegen gibt es wiederum Fälle, in denen man trotz normaler Beschaffenheit der Respirationsorgane an einzelnen Stellen der Thoraxwandung Curven erhält, die durchaus kein anschauliches Bild der Athembewegung geben. Ich meine den störenden Einfluss, den verschiedene mit einer sehr beträchtlichen Massen- und Grössenzunahme des Herzens einhergehende Herzerkrankungen auf die Respirationscurven, die in der Nähe dieser Stellen gewonnen werden, haben.

Die Athmungscurve Figur 1 Tafel IV gibt ein solches Beispiel einer durch eine beträchtliche Vergrösserung des Herzens verunstalteten Athmungscurve.

Dieselbe entstammt einem jugendlichen Kranken, der an einer hochgradigen Insufficienz und Stenose der Mitralklappe mit beträchtlicher Hypertrophie und Dilatation des rechten Herzabschnittes litt. Dieses Beispiel stellt bereits einen der höchsten Grade dieser Curvenanomalie dar, die überhaupt beobachtet werden.

Kaum dürfte es an der vorliegenden Curve gelingen, noch die Grenzen der Inspiration und Exspiration mit Sicherheit zu bestimmen. Nur dann, wenn man auf der andern Seite desselben Papierstreifens in der früher erwähnten Weise von demselben Punkte aus die Athembewegungen irgend eines andern ferner gelegenen Punktes zeichnet, der nicht mehr von der Affection des Herzens beeinflusst wird, ist man im Stande, sich ein richtiges Urtheil auch über diese Curvenform zu bilden und trotz der grossen Verunstaltungen noch eine gewisse Uebereinstimmung mit dem normalen Verhalten zu erkennen.

Dass, wie Erkrankungen des Herzens, so auch andere Anomalieen trotz normaler Respirationsorgane die Athmungscurven mehr oder minder in ihren wesentlichen Eigenschaften unkenntlich machen können, bedarf kaum einer weiteren Erwähnung. Ich unterlasse es, hier weitere derartige Beispiele anzuführen. Immerhin gehören solche Fälle zu den seltneren Vorkommnissen und ist man gerade mittelst der von mir ge-

übten Methode der Doppelschreibung, indem man auf der anderen Seite der Platte, der ersten Curve parallel, eine zweite nicht in gleicher Weise beeinflusste zeichnet, auch dann noch im Stande, sich über die wichtigeren Verhältnisse der Athmung im Allgemeinen zu orientiren. Schwieriger gestaltet sich die Sachlage allerdings dann, wenn in solchen Fällen ein directer Vergleich genau correspondirender Punkte beider Seiten nöthig erscheint und einer der nöthigen Punkte in das Bereich dieser Anomalie fällt. Hier kann allerdings eine solche Anomalie in der Art störend wirken, dass ein Vergleich für diese Punkte überhaupt nicht mehr möglich erscheint, so z. B. bei hochgradigen Verkrümmungen der Wirbelsäule. Wie für die graphische Methode, so entfällt hier auch für andere Untersuchungsmethoden die Möglichkeit des Vergleichs.

D. Die Respirationsgrösse.

Die Respirationsgrösse oder Grösse einer Athembewegung setzt sich zusammen aus der Grösse einer In- und der zugehörigen Exspiration, d. h. mit anderen Worten sie stellt den von dem betrachteten Thoraxpunkte während einer In- und Exspiration zurückgelegten Weg dar. Die Berechnung derselben ergibt sich von selbst aus der Definition.

Auch diese Grösse schwankt in analoger Weise wie die Respirationsdauer in einer ziemlich grossen Breite; mit der Tiefe der Athmung muss sie zunehmen, je oberflächlicher die Athmung ist, desto geringer muss ihre Zahl sein. Es ergibt sich auch hier wieder für jeden einzelnen Punkt ein ziemlich beträchtlicher Spielraum dieser Grösse; von geringem Interesse dürfte es hier sein, die Breite der Schwankungen an einer grösseren Zahl von Versuchsbeispielen vorzuführen; diese Frage kann bereits mittelst einfacherer Methoden gelöst werden und ergibt sich deren Beantwortung von selbst bei wiederholter Aufnahme solcher Curven.

Während wir aber für die Respirationsdauer bei vergleichender Messung verschiedener Punkte während einer

Athmung stets auch an den verschiedensten Punkten die gleiche Zahl erhielten, zeigt sich, dass auch in derselben Athmung die Respirationsgrösse an den verschiedenen Punkten des Thorax eine sehr verschiedene ist, dass diese Grössenverhältnisse der einzelnen Punkte variiren bei beiden Geschlechtern, in den verschiedenen Altersperioden, wie auch mit der Tiefe der einzelnen Athmungen und dergleichen. Dass diese Frage nach dem relativen Grössenverhältnisse der Verschiebung der einzelnen Punkte auch mittelst anderer und einfacherer Methoden als der graphischen gelöst werden kann, ist ersichtlich. Als ein Mangel jeder derartigen Versuchsreihe muss es aber bezeichnet werden, wenn man die Punkte, die zur Untersuchung dienen sollen, einzeln, einen nach dem andern misst. Selbst bei ganz ruhiger Athmung wird man auf einer und derselben Platte an einer Reihe nebeneinander stehender Einzelcurven kaum je gleiche Werthe der Respirationsgrösse erhalten.

Noch grösser sind diese Differenzen, wenn man die einzelnen Messungen verschiedener Zeiträume zusammenstellt. Will man darum vergleichbare Zahlen gewinnen, dann erscheint es durchaus nöthig, stets zwei Punkte gleichzeitig zu messen. Man ist dann leicht im Stande, aus den so gewonnenen Curven die relativen Zahlenverhältnisse zu berechnen.

Ich habe nach dieser Richtung hin und in solcher Weise mittelst des graphischen Verfahrens die Unterschiede des Respirationstypus beider Geschlechter genauer festzustellen gesucht. Schon längst hat man ja einen männlichen und einen weiblichen Respirationstypus mit Rücksicht auf diese Unterschiede in den Grössenverhältnissen der einzelnen Thoraxpunkte aus einander gehalten und den ersteren als einen vorwiegend diaphragmalen, den zweiten als einen vorwiegend costalen bezeichnet. Um ein einigermassen anschauliches Bild dieser Verhältnisse und der hier vorkommenden Schwankungen zu geben, schalte ich hier eine kurze Zusammenstellung ein, die sich indess nur auf einige Punkte bezieht. Ein genaueres Eingehen auf weitere Punkte dürfte hier weniger von Interesse sein und werden wir bei Betrachtung der weiblichen Athmungscurven und des weiblichen Athmungstypus die dort sich ergebenden Differenzen kennen lernen.

Tabelle II.

Relatives Verhältniss der Inspirationsgrösse verschiedener Thoraxpunkte bei Männern.

Nro.	Alter der Versuchs-personen	manubr. sterni	Mitte des Sternums	proc. ensif.	epi-gastrium	Nro.	Alter der Versuchs-personen	manubr. sterni	Mitte des Sternums	proc. ensif.	epi-gastrium
I.	38 Jahre	1,0	1,0	1,5	4,5	XV.	20 Jahre	1,0	1,2	1,6	12,0
II.	27 „	1,0	1,0	1,1	6,6	XVI.	38 „	1,0	1,21	1,95	2,4
III.	23 „	1,0	1,32	10,0	12,0	XVII.	46 „	1,0	1,2	1,8	14,0
IV.	19 „	1,0	0,68	0,74	1,88	XVIII.	46 „	1,0	1,5	5,33	10,16
V.	37 „	1,0	1,8	3,7	11,4	XIX.	17 „	1,0	1,3	3,07	14,8
VI.	18 „	1,0	1,2	1,66	3,28	XX.	31 „	1,0	0,9	0,84	6,7
VII.	20 „	1,0	1,1	4,4	18,6	XXI.	27 „	1,0	0,8	0,7	10,2
VIII.	44 „	1,0	1,3	4,1	16,5	XXII.	29 „	1,0	1,43	2,42	10,8
IX.	20 „	1,0	1,2	1,48	6,8	XXIII.	34 „	1,0	1,63	2,07	4,5
X.	18 „	1,0	1,3	4,18	12,0	XXIV.	23 „	1,0	3,3	6,0	11,2
XI.	15 „	1,0	1,0	1,4	3,9	XXV.	27 „	1,0	1,0	0,55	1,18
XII.	55 „	1,0	1,1	1,77	7,2	XXVI.	17 „	1,0	1,6	3,75	5,43
XIII.	18 „	1,0	1,0	1,18	4,9	XXVII.	44 „	1,0	1,0	1,0	9,16
XIV.	15 „	1,0	1,0	1,28	2,6	XXVIII.	34 „	1,0	1,2	2,1	4,9

Ich habe mit Rücksicht darauf, dass gerade das relative Verhältniss der oberen Theile und des Zwerchfells zu einander je nach Geschlecht, Alter und dergleichen mehr variirt, das manubrium sterni, die Mitte desselben, den processus ensiformis und die Zwerchfellgegend gewählt. Die Berechnung der übrigen Punkte liesse sich, da meine Messungen sich auf die verschiedensten Punkte beziehen, natürlich leicht in derselben Weise vollziehen; indess sind die hier sich findenden Differenzen von viel geringerer Bedeutung, als die eben erwähnten.

Die vorstehende Tabelle, die sich nur auf an ganz gesunden Männern vorgenommene Untersuchungen erstreckt, zeigt ausnahmslos, dass stets unter allen Theilen beim Manne die Zwerchfellathmung bei weitem das Uebergewicht hat. Dieses Gesetz gilt nicht allein für kräftige Männer der mittleren Lebensperiode; auch im höheren Alter, auch in der Jugendperiode, auch in Schwächezuständen sehen wir das gleiche Verhalten. Die relative wie absolute Grösse dieser Excursion ist indess eine höchst

variable. Wenn wir, wie diess in der vorliegenden Tabelle geschehen ist, für jede Versuchsperson die Grösse der Verschiebung des manubrium sterni als einfache Zahl ansetzen und nun berechnen, um wie viel grösser in jedem einzelnen Falle die Bewegung des Zwerchfells dieser gegenüber ist, dann schwankt diese letztere Zahl, wie uns beistehende Tabelle zeigt, zwischen 1,18 und 18,6.

Ferner zeigt eine vergleichende Messung der verschiedenen Thoraxpunkte, dass vom manubrium sterni angefangen bis herunter zum processus ensiformis die Schwankungen der Inspirationsgrösse meistens nur geringe sind. In der Mehrzahl der Fälle nimmt bei kräftigen Männern die Bewegungsgrösse von oben nach abwärts etwas, wenn auch langsam. zu. Dementsprechend hat die Mitte des Sternums häufig eine etwas grössere Bewegung aufzuweisen, als das manubrium sterni; doch geschieht es auch hier zuweilen, dass die Bewegung dieser Stelle nicht die des manubrium sterni an Grösse übertrifft, zuweilen sogar sich unter dieser bewegt. Es geschieht diess insbesondere in einer früheren Lebensperiode bei sehr elastischem Thorax.

Der processus ensiformis endlich zeigt insoferne eine weitere Zunahme der Grösse der Verschiebung, als er nicht nur in der Regel die des manubrium sterni, sondern auch die der Mitte des Sternums noch übertrifft. Seltner geschieht es, dass seine Bewegungsgrösse hinter der des manubrium sterni zurückbleibt. Stets aber steht seine Grösse noch weit hinter derjenigen des epigastriums zurück.

Die graphische Untersuchung zeigt ferner, dass auch die Erweiterung der übrigen Stellen des Thorax, selbst in der senkrechten Richtung auf ihre Oberflächen, keine gleichmässige ist, dass sie stärker ist an den vorne gelegenen als an den seitlichen Abschnitten.

Die Excursionsgrösse der einzelnen Rippen schwankt in ziemlicher Breite und gehen ihre Grössenverhältnisse im Allgemeinen parallel denen, die wir für die verschiedenen Sternaltheile kennen gelernt haben. In der jugendlichen Periode übertreffen nicht selten die Excursionen der oberen Thorax-

abschnitte die der unteren; in einer späteren Lebensperiode, in der die Elasticität der Thoraxwandung bereits zum Theil zu Verlust gegangen ist, finden wir häufig das umgekehrte Verhalten. In der Regel aber ist die costale Erweiterung eine nur geringe, wenn wir ihre Grösse mit der weit beträchtlicheren des Zwerchfells vergleichen.

So ergibt denn auch die graphische Untersuchung, dass die Respiration der Männer in weitaus überwiegendem Maasse eine diaphragmale ist. Stets aber und selbst in Fällen, in denen die Betheiligung der Rippen an der inspiratorischen Erweiterung eine so geringe ist, dass man, will man nicht eine fast gerade Linie erhalten, zu Vergrösserungen dieser Bewegungen seine Zuflucht nehmen muss, greifen die Intercostalmuskeln zu derselben oder fast derselben Zeit in den Act der inspiratorischen Erweiterung des Thorax ein, wie das Zwerchfell. So unmittelbar aber gehen Thoraxerweiterung und Zwerchfellbewegung mit einander parallel, dass auch verfeinerte Hülfsmittel kaum im Stande sind, einen etwas beträchtlicheren zeitlichen Unterschied der Thätigkeit dieser verschiedenen Punkte zu erkennen.

Dass es ausnahmsweise Fälle gibt, in denen nur ein Theil der inspiratorischen Kräfte in Thätigkeit tritt, während andere in Ruhe verbleiben oder verspätet eingreifen, werden wir später noch zu sehen Gelegenheit haben. Auch willkürlich kann man ein derartiges Geschehen hervorrufen.

Was endlich das Verhalten der beiden Seitenhälften in Bezug auf die Grössenverhältnisse der inspiratorischen Thoraxerweiterung betrifft, so muss ich auf Grund meiner Beobachtungen erwähnen, dass am häufigsten die Bewegungen beider Seiten bei ganz gesunden Individuen vollkommen sich gleichen. Irrthümer können hier leicht dadurch hervorgerufen werden, dass die Versuchsperson nicht vollkommen gerade liegt und dann die eine Thoraxhälfte etwas stärker als die andere belastet wird. Dass eine geringe Neigung des Thorax nach einer Seite das symmetrische Verhalten leicht zu stören im Stande ist, ist allbekannt. Ich will damit keineswegs in Abrede stellen, dass ungleichmässige Bewegungen beider Thoraxhälften auch im normalen Zustande beobachtet werden; meine

eigenen Untersuchungen haben mir nicht ganz selten derartige Fälle vorgeführt. In der Mehrzahl der Fälle von asymmetrischer Bewegung beider Thoraxhälften war die Erweiterung der rechten Seite etwas beträchtlicher als die der linken; seltener fand sich eine etwas stärkere Excursion der linken. Stets aber ist die Differenz der beiderseitigen Bewegungen symmetrischer Punkte nur eine äusserst geringe.

Die eben erörterten Gesetze des normalen Verhaltens des männlichen Respirationstypus in Bezug auf die Excursionsgrösse der einzelnen Thoraxabschnitte haben indess nur Geltung für die gewöhnliche ruhige Respiration. Etwas anders gestalten sich die Zahlenverhältnisse, wenn man dieses relative Grössenverhältniss bei den extremen Graden der Ausdehnungsfähigkeit untersucht.

Stets wird dann eine Aenderung in der Weise erfolgen, dass bei den höchsten Graden der Ausdehnung die oberen Thoraxabschnitte weit beträchtlicher, als bei gewöhnlicher Respiration sich erweitern, insbesondere aber wird das relative Grössenverhältniss ihrer Ausdehnung und der des Zwerchfells geändert, in der Art, dass ihre Bewegungsgrösse gegenüber der des Zwerchfells nun eine relativ grössere wird; zuweilen wird deren Bewegung dann selbst eine absolut grössere; doch findet man das letztere Verhalten nur selten.

Es muss ferner erwähnt werden, dass auch willkürlich das oben erwähnte Verhältniss bei gesunden Männern jederzeit geändert werden kann, in der Art, dass bald mehr die costale, bald mehr die diaphragmale Athmung in Anwendung gezogen wird. Es gibt endlich Individuen, die willkürlich bald mehr mit der einen, bald mehr mit der andern Thoraxhälfte athmen können. Immerhin stellen diese letzterwähnten Fälle Ausnahmen dar, die das oben erwähnte Gesetz des normalen Verhaltens in keiner Weise zu beeinträchtigen vermögen.

E. Die mittlere Respirationsgeschwindigkeit.

Dieselbe stellt sich dar als das Verhältniss zwischen der Dauer und Grösse der Athmungen. Die Betrachtung der Werthe der einzelnen Rippen bezüglich ihrer mittleren Re-

spirationsgeschwindigkeit ergibt, dass dieselbe an den verschiedenen Thoraxpunkten eine sehr verschiedene ist.

Es zeigt sich ferner, dass, je tiefer die einzelne Athmung, desto länger in der Regel auch ihre Dauer ist und dass je rascher die einzelnen Athmungen sich folgen, desto geringer die gesammte Excursionsgrösse des Thorax ist. Abweichungen von dieser schon bei blosser Betrachtung der Athembewegungen erkennbaren Regel finden sich insbesondere in krankhaften Zuständen, wo zuweilen trotz nicht beschleunigter oder selbst unter der Norm stehender Zahl der Athmungen die Excursionsgrösse nur eine äusserst geringe ist. Bei den pathologischen Fällen werden wir darum auch auf diese Frage noch zurückzukommen haben. Indess auch schon unter normalen Verhältnissen zeigen sich Abweichungen von dieser Regel.

Zur Constatirung dieses oben erwähnten Satzes darf man selbstverständlich nur die gleichen Punkte bei verschiedener Schnelligkeit der Athmung wählen und hier lässt sich allerdings im Allgemeinen der Satz constatiren, dass den längeren Inspirationen auch die grösseren Inspirationen entsprechen und umgekehrt. Am besten lässt sich dieser Satz an einer und derselben Versuchsperson, die bald rasch, bald langsam athmet, constatiren. Dagegen gibt es auch bei Messung gleicher Punkte von dieser eben erwähnten Regel manche Ausnahme, wie sich schon dann zeigt, wenn man die Excursionsgrösse desselben Punktes mit der zugehörigen Dauer bei verschiedenen Personen vergleicht.

Die nachstehende Tabelle, in der ich nur eine kleine Zusammenstellung dieser beiderseitigen Verhältnisse vorlege, mag dazu dienen, das oben erwähnte Gesetz zu bestätigen, indess auch zugleich ein Bild der Breite der hier vorkommenden Schwankungen geben. Die frühere Betrachtung zeigte bereits, dass die Verschiebung der einzelnen Punkte eine so variable Grösse bei verschiedenen Versuchspersonen darstellt, dass um desswillen schon ein so einheitliches Gesetz sich schwer aus solchen an verschiedenen Individuen angestellten Versuchen darstellen lassen dürfte. Dagegen gelingt es leicht, bei an derselben Versuchsperson wiederholt angestellten Versuchen sich

von den innigen Beziehungen dieser beiden Grössen zu einander zu überzeugen.

Tabelle III.

Beziehungen zwischen Inspirationsgrösse und Inspirationsdauer.

(Die Zahlen sind in der Weise geordnet, dass mit der kleinsten Inspirationsgrösse die Reihe beginnt.)

Nro.	Ort der Messung	Inspir.-grösse	Inspir.-dauer	Nro.	Ort der Messung	Inspir.-grösse	Inspir.-dauer
I.	manubr. sterni	3	6	XIX.	manubr. sterni	12	11
II.	„	3	15	XX.	„	13,5	13
III.	„	4	17	XXI.	„	14	18
IV.	„	5	4	XXII.	„	14.5	20
V.	„	5	10	XXIII.	„	15	17
VI.	„	5	17	XXIV.	„	15	28
VII.	„	5,5	11	XXV.	„	16	34
VIII.	„	6	8	XXVI.	„	17,5	22
IX.	„	6	10	XXVII.	„	18,5	16
X.	„	7	9	XXVIII.	„	21	17
XI.	„	7	14	XXIX.	„	22	18
XII.	„	7,5	8,5	XXX.	„	22	20
XIII.	„	7,5	10	XXXI.	„	22	28
XIV.	„	8	11,5	XXXII.	„	23	36
XV.	„	8	12	XXXIII.	„	25	22
XVI.	„	10	11	XXXIV.	„	25	24
XVII.	„	10	19	XXXV.	„	32	20
XVIII.	„	11	27	XXXVI.	„	65	20

Die vorstehende Tabelle, die sich auf Messungen eines und desselben Punktes, aber bei verschiedenen Versuchspersonen männlichen Geschlechtes stützt, zeigt zwar in der ersten Columne entsprechend der dort geringeren Inspirationsgrösse auch entsprechend geringere Zahlen für die Inspirationsdauer; die zweite Columne zeigt entsprechend der beträchtlicheren Inspirationsgrösse auch im Allgemeinen grössere Zahlen für die Inspirationsdauer. Ein vollständiges Parallelgehen beider Zahlenreihen in der Art, dass beide in annähernd gleicher Proportion zu- oder abnehmen würden, lässt sich indess keineswegs beobachten. Es erklärt sich diess leicht aus der ungeheuer wechselnden Grösse dieser beiden Factoren bei verschiedenen Ver-

suchspersonen. Dagegen lässt sich obiger Satz stets leicht an einer und derselben Versuchsperson demonstriren, da die hier vorkommende Breite der Schwankungen nie eine so beträchtliche ist, um diese Grenze zu überschreiten.

Das hier für die Beziehungen zwischen Inspirationsgrösse und Inspirationsdauer Gesagte gilt in gleicher Weise für die Beziehungen zwischen Exspirationsgrösse und Exspirationsdauer, wie für die gesammte Respiration.

V.

Normaler weiblicher Respirationstypus.

Bei der Betrachtung des normalen weiblichen Respirationstypus mag es genügen, nur die wichtigsten Punkte und insbesondere die Differenzen, die sich bei der graphischen Untersuchung im Vergleiche zu dem Respirationstypus der Männer ergeben, hervorzuheben.

Wenn wir wieder mit der Respirationsdauer beginnen, so zeigt sich, dass auch hier die dort gefundenen Gesetze ihre Anwendung finden; mindestens ebenso wie bei Männern zeigt sich hier eine grosse Breite der Schwankungen dieser zeitlichen Verhältnisse im physiologischen Zustande. Das Gleiche gilt für die beiden einzelnen Athmungsphasen.

Von grösserem Interesse, weil mit Sicherheit nur mittelst der graphischen Methode zu entscheiden, ist auch hier wieder die Frage nach den Beziehungen zwischen der Dauer der In- und der der Exspiration.

Wie die Gesammtathmung beim Weibe den gleichen, wenn nicht noch grösseren Schwankungen bezüglich der zeitlichen Verhältnisse unterworfen ist, als beim Manne, so zeigt sich auch, dass das relative Verhältniss der Dauer der Inspiration und der der Exspiration in grosser Breite sich ergeht. Auch hier habe ich versucht, diese Frage nur aus Curven zu entscheiden, die bei möglichst abgelenkter Aufmerksamkeit und bei möglichst ungestörter Athmung gewonnen wurden. Ich füge hier eine kleine derartige Tabelle ein. In dieselbe habe ich nur die Zahlen jugendlicher weiblicher Versuchspersonen aufgenommen, um desto unverfälschter das Bild des weiblichen Respirationstypus und darum sicherer etwaige Differenzen

gegenüber dem männlichen zu erhalten. Im höheren Alter entfernt sich bekanntermassen die Athmung der Weiber wieder etwas von den ihr zukommenden Eigenthümlichkeiten und nähert sich mehr der der Männer.

Tabelle IV.

Beziehungen zwischen der Dauer der In- und der der Exspiration.

Nro.	Alter der Versuchspersonen	Inspir.-dauer	Exspir.-dauer	Differenz	Respir.-dauer	Nro.	Alter der Versuchspersonen	Inspir.-dauer	Exspir.-dauer	Differenz	Respir.-dauer
I.	17 Jahre	12	13	+ 1	25	VI.	21 Jahre	16	20	+ 4	26
	„	12	12	0	24		„	10	9	— 1	19
	„	11	10	— 1	21		„	12	14	+ 2	26
	„	13,5	11	— 2,5	24,5	VII.	26 Jahre	12	15	+ 3	27
	„	10,5	12	+ 1,5	22,5		„	10	10	0	20
	„	10	13,5	+ 3,5	23,5		„	10	9	— 1	19
II.	23 Jahre	11	12	+ 1	23		„	8,5	10	+ 1,5	18,5
	„	10	12	+ 2	22		„	10	11	+ 1	21
	„	13	15	+ 2	28		„	10	13	+ 3	23
	„	11,5	14,5	+ 3	26	VIII.	24 Jahre	17	16	— 1	33
	„	14	15	+ 1	29		„	15	16	+ 1	31
	„	12	14	+ 2	26		„	17	19	+ 2	36
III.	21 Jahre	10	9	— 1	19		„	15	16	+ 1	31
	„	10	12	+ 2	22		„	14	17	+ 3	31
	„	11	11	0	22		„	12	15	+ 3	27
	„	10	11,5	+ 1,5	21,5	IX.	26 Jahre	20	27	+ 7	47
	„	11	10,5	— 0,5	21,5		„	16	24	+ 8	40
	„	12	12	0	24		„	22	28	+ 6	50
IV.	21 Jahre	10	9	— 1	19	X.	21 Jahre	13	16	+ 3	29
	„	11	10	— 1	21		„	14	17	+ 3	31
	„	10	11	+ 1	21		„	12	16	+ 4	28
	„	12	13	+ 1	25	XI.	16 Jahre	9	10	+ 1	19
	„	11	14	+ 3	25		„	7	11	+ 4	18
	„	9	11	+ 2	20		„	10	10	0	20
V.	21 Jahre	10	10	0	20	XII.	20 Jahre	7	9	+ 2	16
	„	9	10	+ 1	19		„	8	8	0	16
	„	10	10	0	20		„	8	11	+ 3	19
	„	9	12	+ 3	21	XIII.	17 Jahre	8	11	+ 3	19
	„	12	11	— 1	23		„	8	12	+ 4	20
	„	9	11	+ 2	20		„	7	8	+ 1	15
VI.	21 Jahre	11	12	+ 1	23	XIV.	29 Jahre	10	11	+ 1	21
	„	13,5	13	— 0,5	26,5		„	11	11	0	22
	„	9	11	+ 2	20		„	9	11	+ 2	20

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass selbst bei vollkommen ruhiger Athmung noch immer nicht ganz unbeträchtliche Schwankungen in der Dauer der sich unmittelbar folgenden Einzelathmungen desselben Individuums beobachtet werden. Die vorstehenden Zahlen sind an Individuen gewonnen, die fast alle

bereits wiederholt zur Untersuchung gedient hatten und deren Aufmerksamkeit vollständig abgelenkt war. Wenn schon hier solche Differenzen beobachtet werden, dann mag die grosse Breite der in das Bereich der Norm gehörenden Schwankungen leicht ersichtlich sein.

Die Untersuchung des männlichen Respirationstypus hatte ferner ergeben, dass eine ganz bestimmte und gesetzmässige Zahl für das Verhältniss zwischen der Dauer der In- und der der Exspiration sich nicht aufstellen lasse, dass aber in der bei weitem grössten Zahl der Fälle die Inspiration eine etwas kürzere Dauer habe, als die Exspiration. Auch die vorstehende Tabelle zeigt ein analoges Verhältniss; die Schwankungen sind hier fast an keiner Stelle beträchtliche, was seine Erklärung zum grössten Theil darin findet, dass ich Curven von Individuen ausgewählt habe, deren Athmung möglichst dem Zustande der Ruhe entsprach. In der Mehrzahl der Fälle ist auch hier wieder die Inspiration etwas, wenn auch nicht beträchtlich kürzer, als die Exspiration; seltner sind sich beide vollkommen gleich; endlich sehen wir auch zuweilen eine etwas längere Dauer der Inspiration als der Exspiration. Dieses letztere Verhalten wird in der vorstehenden Tabelle etwas häufiger beobachtet, als in der früher mitgetheilten Tabelle der männlichen Versuchspersonen. Aus einer grösseren Reihe von Versuchstabellen, deren weitere Mittheilung hier von keinem Interesse sein dürfte, lässt sich der Satz ableiten, dass auch dieses letztere Verhalten bei Weibern zu den seltenen Ausnahmen gehört. Niemals aber — und dieses erscheint zumal mit Rücksicht auf pathologische Vorgänge von Wichtigkeit — ist die Dauer der Inspiration eine wesentlich längere als die der Exspiration; stets sind die hier zu Gunsten der Inspiration vorkommenden Schwankungen nur äusserst geringe.

Die Betrachtung des männlichen Respirationstypus an der Hand der Curven hat gezeigt, dass im physiologischen Zustande zwischen In- und Exspiration eine Pause nicht existirt. Will man von einer dort vorkommenden Pause im Allgemeinen reden, dann ist diess gewiss nur in dem Sinne aufzufassen, dass der Thorax in seiner Gesammtheit am Ende je einer Inspiration während einer gewissen Zeit in dieser Stellung verharrt, ehe

er in die Exspirationsstellung übergeht. Diese, wenn wir sie mit ihrem oft gebrauchten, wenn auch nicht gerade scharf bezeichnenden Namen benennen wollen, sogenannte inspiratorische Pause würde sich bei der graphischen Untersuchung als eine am oberen Culminationspunkte gelegene der Abscissenachse parallele Linie darstellen. Eine derartige Pause nur an einem einzigen Punkte, während ein zweiter zu eben dieser Zeit eine Bewegung sei es in auf- oder absteigender Richtung machen würde, würde dagegen nur beweisen, dass das Ineinandergreifen der einzelnen Punkte in den Act der Athmung zu verschiedenen Zeiten erfolgt.

Von einer Pause am Ende einer Inspiration in dem erst erwähnten Sinne lässt sich auch bei der Analyse weiblicher Athmungscurven nichts constatiren. Wenn man bereits wiederholt diese Pause als eine nur scheinbare bezeichnet hat, dann lehrt uns eine genauere graphische Untersuchung, dass die momentane Geschwindigkeit, insbesondere an Punkten, die von vorneherein nur eine geringe Excursionsgrösse zeigen, zu dieser Zeit in so beträchtlicher Abnahme begriffen ist, dass es leicht erklärbar wird, wie man ohne solche Hülfsmittel zur Annahme einer inspiratorischen Pause geführt wurde.

Aber auch bezüglich der zwischen je zwei Athmungen vorkommenden Pause, die einen absoluten Ruhepunkt darstellt, bestätigen die an Weibern vorgenommenen Untersuchungen der verschiedenen Thoraxpunkte das früher für den männlichen Respirationstypus Erwähnte in gleicher Weise für diese. Ich will damit keineswegs das Vorkommen solcher Respirationspausen in Abrede stellen; ich habe bereits früher erwähnt, wie man fast ausnahmslos solche Pausen bei der graphischen Darstellung dann verzeichnet erhält, wenn die Aufmerksamkeit dabei irgend mit im Spiele ist. Ich habe dort ferner erwähnt, dass die Mehrzahl der Einflüsse, die den Athmungsrhythmus zu ändern vermögen, diess in der Weise thuen, dass sie eine derartige Pause einschalten. Zumal bei der Untersuchung weiblicher Patienten habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt, mich hiervon zu überzeugen. Diejenigen Curven, die im Anfange und in früheren Tagen aufgenommen waren, zu Zeiten, da die Patienten zum Theil die Angst vor der Untersuchung noch

nicht überwunden hatten oder da die Aufmerksamkeit noch nicht völlig abgelenkt werden konnte, zeigten dann sehr häufig solche Athmungspausen. Fast stets aber zeichneten sich diese Curven dann auch durch grosse Unregelmässigkeit aus. Wurden dagegen Curven von solchen Patienten aufgenommen, die bereits wiederholt theils die Untersuchung an Anderen gesehen hatten, theils selbst untersucht worden waren, dann wurden stets regelmässige Curven gewonnen, die nur ausnahmsweise eine Pause zwischen je zwei Athmungen zeigten. Ich kann darum für den Zustand des ruhigen und völlig unbeeinflussten Athmens die Athmungspause nicht als häufige Erscheinung erkennen; der Einflüsse, die die Athmung indess zu ändern und darum auch solche Pausen zu veranlassen im Stande sind, sind so zahlreiche, dass das Auftreten von Respirationspausen zwischen je zwei Athmungen allerdings zu den nicht seltenen Vorkommnissen auch im physiologischen Zustande gezählt werden muss. Stets aber nimmt, wie schon eine flüchtige Betrachtung der Configuration der Athmungscurven zeigt, die momentane Geschwindigkeit am Ende der Exspiration in nicht unbeträchtlichem Grade ab.

Wenden wir uns darum in Kürze zur Betrachtung der Configuration der Athmungscurven bei Weibern.

Figur 2 Tafel IV zeigt ein derartiges Beispiel der Athembewegungen in der Höhe des manubrium sterni bei einem 17jährigen Mädchen. Auch hier zeigt sich in analoger Weise wie bei Männern, dass nirgends plötzliche Wendepunkte der momentanen Geschwindigkeit eintreten. Die Geschwindigkeit ist im ersten Zeitmoment der Inspiration noch eine relativ geringe, nimmt aber sehr rasch zu, so dass sie bereits nach sehr kurzer Zeit ihre höchste Grenze erreicht, auf der sie sich nun in den einzelnen Fällen verschieden lange Zeit, zuweilen selbst bis fast zum Ende der Inspiration, erhält. Auch bei der Exspiration zeigen sich den beim Manne gefundenen analoge Verhältnisse. Auch hier zeigt der Beginn der Exspiration eine relativ langsame Geschwindigkeit, die weiterhin rasch zunimmt, um sich dann während langer Zeit gleich zu bleiben und erst gegen Ende der Exspiration wieder abzunehmen. Die geringste Geschwindigkeit zeigt sich demnach beim Uebergange der einen

Athmungsphase in die andere und zwar ist sie in der Regel am Ende der Exspiration eine noch geringere, als am Ende der Inspiration und demnach hier die geringste momentane Geschwindigkeit im Verlaufe einer Gesammtathmung. Diese allmäligen Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit machen um so mehr einem fast völligen Gleichbleiben derselben während der einzelnen Athmungsphasen und plötzlichen Uebergängen der einen in die andere Athmungsphase Platz, je rascher eine Athmung der anderen folgt.

Während, wie das zeitliche Verhältniss der beiden Athmungsphasen, so die Configuration der Curven keine wesentlichen Differenzen bei beiden Geschlechtern zeigt, ergeben sich sehr beträchtliche in Betreff der Athemgrösse der einzelnen Thoraxpunkte.

Um auch hier wieder ein einigermassen anschauliches Bild dieser Verhältnisse zu geben, füge ich eine Tabelle bei, die das relative Grössenverhältniss der wichtigsten Thoraxpunkte enthält. Da es sich zunächst nur um die Differenz zwischen costaler und diaphragmaler Athmung handelt, so begnüge ich mich damit, hier die Excursionsgrösse nur einiger Punkte zusammenzustellen. Ich habe als solche Punkte auch hier wieder das manubrium sterni, die Mitte des Sternums, den processus ensiformis und das Epigastrium gewählt, um so besser die Unterschiede gegenüber dem männlichen Respirationstypus hervortreten zu lassen.

Tabelle V.

Relatives Grössenverhältniss der Inspirationsgrösse verschiedener Thoraxpunkte bei Weibern.

Nro.	Alter der Versuchspersonen	manubr. sterni	Mitte des Sternums	proc. ensiformis	Epigastrium	Nro.	Alter der Versuchspersonen	manubr. sterni	Mitte des Sternums	proc. ensiformis	Epigastrium
I.	21 Jahre	1,84	1,1	1,0	0,73	IX.	18 Jahre	3,83	2,5	1,0	0,76
II.	17 „	1,5	1,2	1,0	0,67	X.	29 „	1,0	1,5	1,59	5,0
III.	23 „	1,4	1,3	1,0	1,5	XI.	17 „	2,0	1,33	1,0	10,32
IV.	21 „	3,2	2,21	1,0	0,75	XII.	20 „	1,0	1,0	0,71	6,5
V.	21 „	1,0	1,75	1,0	5,0	XIII.	16 „	5,0	3,15	1,0	1,90
VI.	26 „	1,0	1,4	1,75	7,75	XIV.	21 „	1,0	1,0	1,1	3,74
VII.	21 „	1,0	1,3	1,5	1,26	XV.	26 „	2,12	1,99	1,8	1,0
VIII.	23 „	1,1	1,05	1,0	1,56						

Die vorstehende Tabelle zeigt für den weiblichen Respirationstypus ein nahezu umgekehrtes Verhältniss, wie es der männliche darstellt. Während bei letzterem die Zwerchfellsexcursionen bei weitem die costalen Verschiebungen übertrafen, sehen wir hier, dass der oberste Thoraxabschnitt unter allen Theilen die grösste Excursion zeigt und dass, je weiter ein Abschnitt nach abwärts gelegen ist, desto kleiner auch seine Erweiterung ist. In einer ganz bestimmten Reihenfolge nimmt darum beim Weibe die Excursionsgrösse von oben nach unten ab, so dass das manubrium sterni die grösste, jeder weiter nach abwärts gelegene Theil eine entsprechend kleinere, das Epigastrium die kleinste Verschiebung zeigt. Solche Typen der weiblichen Respiration stellen Nro. I. II. IV. IX. XV. dar. Dagegen sehen wir an anderen Versuchspersonen, so bei Nro. III. schon beträchtliche Abweichungen von diesem eben erwähnten Verhalten; hier übertrifft bereits die Zwerchfellsexcursion in etwas die des manubrium sterni. In wieder anderen Fällen, so bei VII., mehr noch bei XIV., X. und VI. sehen wir, trotzdem es sich auch hier um ganz jugendliche kräftige Individuen handelt, kaum mehr eine Spur des eigentlichen weiblichen Respirationstypus; hier sind bereits alle Charactere des männlichen im vollsten Maasse wieder ausgeprägt. Die Frage nach dem Grunde dieser Differenzen der einzelnen Fälle hängt auf's Innigste zusammen mit der Frage nach der Ursache der verschiedenen Athmungsform bei Männern und Weibern.

Ein Theil der Beobachter glaubte diese Differenz beider Geschlechter nur von dem Einflusse der verschiedenen Bekleidung ableiten zu dürfen, während andere hierin keine genügende Erklärung zu sehen glaubten, ohne indess eine bessere zu substituiren. Die oben erwähnten Beispiele, die, da die Messungen mehrerer Punkte stets gleichzeitig vorgenommen wurden, darum gewiss als fehlerfrei bezeichnet werden dürfen, lassen den Schluss zu, dass der Grund dieser Differenz sicherlich nicht in ganz besonderen nur dem Weibe zukommenden Eigenthümlichkeiten seinen Grund haben könne. Wie sollte es sonst noch erklärbar sein, dass von zwei annähernd gleich gut entwickelten weiblichen Individuen das eine fast ausschliesslich

costale Respiration mit den oben angeführten weiteren Eigenthümlichkeiten, das zweite eine vorzugsweise diaphragmale Respiration zeigt?

Misst man dieselben weiblichen Individuen in verschiedenen Zeitabschnitten, so kann man sich leicht überzeugen, dass die relativen Grössenverhältnisse der Excursionen der einzelnen Thoraxabschnitte nicht unbeträchtlich zu verschiedenen Zeiten variiren. Aehnlicher Abweichungen haben wir oben bereits auch bei den Männern erwähnt, indess galt diess dort nur für Ausnahmsfälle, sowie insbesondere für die Unterschiede der oberflächlichen und tiefen Athmungen. Bei Weibern sehen wir ähnliche und weit beträchtlichere Differenzen schon im Zustande der gewöhnlichen Athmung der Art, dass bald mehr rein costal, bald wieder mit stärkerer Betheiligung des Diaphragma geathmet wird.

Es zeigt endlich die Beobachtung, dass im höheren Lebensalter fast constant der weibliche Respirationstypus eine beträchtliche Einbusse erfährt, ja in der grösseren Zahl der Fälle keine wesentliche Abweichung von dem der Männer zeigt. Wenn wir weiterhin erwägen, dass in der Kindheit der Athmungstypus bei beiden Geschlechtern der gleiche ist, dass er dort wenigstens häufig mit einer stärkeren Betheiligung der Rippen einhergeht, endlich dass erst in einer späteren Periode beide Geschlechter im Respirationstypus sich zu differenziren beginnen, dann scheinen alle diese Momente zu Gunsten der Annahme zu sprechen, dass nur äussere Umstände, zunächst mechanische, Ursache dieser Differenzirung beider Geschlechter sind. Auch bei Männern finden wir zuweilen einen Respirationstypus, der mehr die Charactere des weiblichen als des männlichen trägt; auch der Mann ist jederzeit im Stande, so lange sein Thorax noch die nöthige Elasticität besitzt, vorwiegend costal zu athmen; wenn er es in der Regel nicht zu dem Grade der Frweiterung der oberen Thoraxpartien bringt, den wir bei Weibern beobachten, dann dürfte dieser Umstand gewiss nicht schwer seine Erklärung finden. Nur aus dieser Annahme lässt es sich auch erklären, dass, wie mehrere der oben angeführten Beispiele zeigen, zuweilen auch ganz kräftige weibliche Individuen der jugendlichen Lebensperiode einen dem

männliehen sehr nahestehenden Respirationstypus aufzuweisen haben, dass dieselben Individuen willkürlieh bald vorwiegend eostal, bald vorwiegend diaphragmal athmen können.

Bezüglieh des Ineinandergreifens der einzelnen Absehnitte des Thorax in den Aet der inspiratorisehen Erweiterung habe ich bei Bespreehung des männliehen Respirationstypus erwähnt, dass dasselbe im Allgemeinen ein ziemlieh gleiehzeitiges ist. Dagegen muss die momentane Gesehwindigkeit eine sehr variable Grösse an den einzelnen Punkten darstellen. Wenn der eine Punkt in derselben Zeit ein 10—20mal grössere Wegstreeke zurücklegen soll, als ein zweiter, dann muss wohl die Curve des ersten eine sehr steile werden, die des zweiten hingegen wird eine sanft wellenförmige Linie bilden. Bei direeter Betraehtung ohne feinere Hülfsmittel kann darum dieser letztere Punkt noeh während einer gewissen Zeit dem Auge den Eindruek der Ruhe machen, während die Exeursionen des ersten sehr augenfällig zu Tage treten.

Indess gibt es auch bereits im Normalzustande sowohl bei Männern als Weibern einzelne Punkte, deren Thätigkeit zuweilen etwas später in den Aet der Athmung eingreift oder aueh früher beendet ist, als die der anderen Absehnitte. Dahin ist insbesondere die Gegend des processus ensiformis zu reehnen. Bei vielen Individuen ist die Bewegung dieses Theiles nur eine äusserst minimale, während die ober- und unterhalb gelegenen Absehnitte eine zunehmende Bewegung erleiden.

In andern Fällen ist die Bewegung nur eine verspätete und kann man sich dann bei der graphischen Untersuehung leieht überzeugen, dass dieser eine Punkt verspätet in den Act der Athmung eingreift. Ein solehes Verhalten stellt die Doppeleurve Figur 3 Tafel IV dar. Dieselbe entstammt einem 17jährigen gesunden Mädchen. Die grössere dieser Curven stellt die Bewegungen des manubrium sterni, die kleinere die des processus ensiformis dar; man erkennt sofort, dass die Bewegungen des proeessus ensiformis im Vergleiche zu denen des manubrium sterni verspätete sind. Während das manubrium sterni bereits einen Theil der inspiratorisehen Wegstreeke zurüeklegt, bleibt der processus ensiformis noeh vollkommen im Ruhezustande und greift erst dann in den Act der Athmung

ein, wenn das manubrium sterni bereits einen Theil dieses Weges zurückgelegt hat. Dagegen dauert nun die inspiratorische Erhebung des processus ensiformis noch an, während das manubrium sterni bereits exspiratorisch sich zu senken beginnt. Entsprechend dem Umstande, dass der processus ensiformis seine inspiratorische Höhe verspätet erreicht hat, fällt der Beginn seines exspiratorischen Sinkens auch in eine Zeit, in der das manubrium sterni bereits seinen exspiratorischen Weg anzutreten begonnen hat.

Das hier dargestellte Verhalten gehört zu den höchst seltenen Ausnahmen, während eine einfache Verspätung bei doch gleichzeitigem Zusammentreffen der Curvengipfel zu den nicht ganz selten beobachteten Ausnahmen zu rechnen ist. In noch anderen Fällen, zumal bei Weibern, bei denen das Ueberwiegen der costalen Athmung gut ausgeprägt ist, beobachtet man zuweilen, dass in dem Momente, in welchem alle übrigen Punkte sich zu erheben beginnen, der processus ensiformis zuerst eine Strecke weit einsinkt, dann aber sofort wieder sich erhebt, um dann inspiratorisch noch weiter anzusteigen. In solchen Fällen beobachtet man dann für diese einzelne Stelle zuweilen selbst eine sog. inspiratorische Pause, indem dieselbe auf ihrer inspiratorischen Höhe angelangt noch eine Zeit lang auf derselben verharrt, während die andern Punkte bereits den exspiratorischen Weg beginnen. Erst nach einiger Zeit und darum verspätet macht dann auch sie ihre rückläufige Bewegung.

Endlich verdient noch erwähnt zu werden, dass in soferne nicht ganz selten das Ineinandergreifen der einzelnen Punkte in den Act der Athmung kein ganz gleichzeitiges ist, als bei Ueberwiegen der Athmung nach einer Richtung hin die inspiratorische Erhebung dieser etwas früher als die der entgegengesetzten Punkte beginnt. So beobachtet man zuweilen bei Weibern, die den ächt weiblichen Respirationstypus zeigen, dass die epigastrische Bewegung um ein ganz kurzes, aber noch messbares Zeitmoment verspätet beginnt und umgekehrt sieht man in Fällen, in denen die Zwerchfellbewegungen weitaus die der oberen Thoraxabschnitte übertreffen, dass die Excursionen der letzteren zuweilen etwas verspätet erfolgen.

Willkürlich sind viele Menschen im Stande, zumal Weiber, abwechselnd dieses Verhalten bald nach der einen, bald nach der andern Seite zu zeigen.

Es stellt ein derartiges Verhalten indess immer ein relativ seltenes Vorkommen dar und wird insbesondere bei tiefen Athmungen beobachtet. Als Regel des gesunden Verhaltens muss es betrachtet werden, dass das Ineinandergreifen der einzelnen Punkte in den Act der Athmung ein gleichzeitiges ist, insbesondere aber — und es ist diess mit Rücksicht auf pathologische Vorgänge von Bedeutung — greifen die correspondirenden Punkte beider Seiten, wie überhaupt die beiden Seitenhälften ausnahmslos gleichzeitig in den Act der Athmung ein.

Nur mit wenigen Worten will ich an dieser Stelle noch des Einflusses der Gravidität auf die Athmung Erwähnung thun. Von vorneherein sollte man erwarten, dass hier wegen der starken Vergrösserung des Bauchraums die Zwerchfellsaction sich beträchtlich gestört erweisen und darum die thoracische Erweiterung weitaus das Uebergewicht haben würde. Dass dem wenigstens constant nicht so ist, dürfte am einfachsten sich aus der nachfolgenden Tabelle ergeben.

Tabelle VI.

Einfluss der Schwangerschaft auf den Athmungstypus.

Nro.	Alter der Versuchspersonen	Zahl der vorhergegangenen Schwangerschaften	Stadium der Schwangerschaft	Excursionsgrösse			
				d. manubr. sterni	der Mitte des Sternums	des proc. ensiformis	des Epigastrium
I.	23 Jahre	1	8. Monat	1,0	0,7	0,88	0,88
II.	22 „	0	Ende der Gravidität	1,0	0,63	0,53	0,25
III.	19 „	0	Ende der Gravidität	1,0	1,4	1,26	2,1
IV.	26 „	2	letzter Monat	1,0	0,7	0,63	2,09
V.	25 „	0	Ende des 8. Monats	1,0	0,7	0,7	0,4
VI.	27 „	2	Ende des 9. Monats	1,0	0,71	1,0	1,5
VII.	36 „	6	Ende der Gravidität	1,0	1,0	2,57	2,18
VIII.	29 „	5	Ende der Gravidität	1,0	1,3	1,12	7,4
IX.	24 „	0	Ende des 8. Monats	1,0	0,79	0,66	3,83
X.	29 „	1	9. Monat	1,0	0,9	0,8	0,6

Werden auch hier im Ganzen vielleicht nicht so häufig so beträchtliche Verschiebungen des Zwerchfells beobachtet, wie wir solchen sonst zuweilen bei gesunden Weibern begegnen, so wird doch auch im Zustande der Schwangerschaft nicht selten das Verhalten beobachtet, dass die epigastrische Hervorwölbung die thoracische an Grösse übertrifft. Dass die erstere auch hier zuweilen noch eine beträchtliche ist, erklärt sich leicht aus der allmäligen Volumszunahme des Unterleibs und die dadurch hervorgerufene Accomodirung. Im Gegensatze hierzu zeigt sich in allen den Fällen, in denen die Ausdehnung des Unterleibs, sei die Ursache welche immer, rasch erfolgt, eine beträchtliche Behinderung der diaphragmalen Athmung. Die gleichen Resultate haben sich bei andern Arten der allmäligen Ausdehnung des Unterleibs, so Ovariencysten und dergleichen mehr ergeben.

Die Athmung der Kinder und Greise.

Es erübrigt endlich noch, bevor wir uns zur Betrachtung pathologischer Fälle wenden, mit wenigen Worten der Athmung der Kinder Erwähnung zu thuen.

Die bei gesunden Kindern beiderlei Geschlechtes gewonnenen Athmungscurven stimmen in allen wesentlichen Punkten mit den bereits früher für die Erwachsener erwähnten Characteren überein.

Bezüglich der Frequenz der Athemzüge ist bekannt, dass dieselbe sich vor Allem mit dem Alter ändert. Bei Kindern ist die Athmung im Vergleiche zu der Erwachsener stets eine beschleunigte, wie auch die graphische Untersuchung bestätigt und es erklärt sich daraus, dass die hier gewonnenen Athmungscurven diejenigen Eigenthümlichkeiten theilen, die wir bei der beschleunigten Athmung Erwachsener früher kennen gelernt haben. Ich unterlasse es, hier eine Berechnung des Einflusses des Alters auf die Frequenz der Athemzüge vorzuführen und verweise bezüglich dieses Punktes auf die Zusammenstellung

Quetelet's.[1]) Nach dieser ist die Athemfrequenz am grössten bei Neugebornen, nimmt im Alter von 1—5 Jahren beträchtlich ab, während vom 20. Jahre an die Aenderungen der Frequenz nur geringe sind.

Was den Typus der Respiration der Kinder betrifft, so ist derselbe einem sehr bedeutenden Wechsel unterworfen. Im Allgemeinen lässt sich indess sagen, dass derselbe in der Mitte zwischen dem der Männer und dem der Weiber steht. Entsprechend der grösseren Elasticität und Nachgiebigkeit des Thorax ist auch die Ausdehnbarkeit desselben bei Kindern eine ziemlich grosse; sehr häufig beobachtet man demnach bei ihnen eine starke costale Verschiebung; nirgends aber beobachtet man wieder so beträchtliche Differenzen in dem Athmungstypus, als bei Kindern. Während die oberen Partien eine oft sehr beträchtliche Excursion nach vorne bei der Inspiration erfahren, bewegen sich andere Stellen, so der processus ensiformis und selbst noch etwas höher gelegene Theile des Sternums bald nur äusserst wenig mit der Inspiration, bald wieder mehr. Ebenso zeigen die Zwerchfellbewegungen und die davon abhängigen epigastrischen Bewegungen eine sehr verschiedene und im Einzelfalle oft wechselnde Intensität.

Bei ganz kleinen Kindern habe ich nicht Gelegenheit gehabt, derartige Untersuchungen vorzunehmen. Es gelang nicht, die Angst der Kinder zu überwinden und selbst da, wo diese mehr oder minder in den Hintergrund gedrängt erschien, war dann die Aufmerksamkeit so sehr auf die Untersuchung gefesselt, dass nur ganz unregelmässige und vollkommen unbrauchbare Bilder zu Tage kamen.

Es dürfte unnöthig sein, auf die Greisencurve hier specieller einzugehen. Vollkommen gesunde Greise zeigen analoge Athmungscurven, wie gesunde Männer. Nur ist die Betheiligung der Rippen an der Athmung wegen der verloren gegangenen Elasticität des Thorax eine noch geringere mit Ausnahme des

---

[1]) *Quetelet*, Ueber den Menschen und die Entwicklung seiner Fähigkeiten. Deutsch von *Riecke*. Stuttgart 1838.

untersten Thoraxabschnittes und ihre Athmung darum vorwiegend diaphragmal. Sehr häufig beobachtet man bei ihnen eine Verlängerung des exspiratorischen Curvenschenkels; der Grund dessen ist dann, wenn nicht eine Bronchitis oder eine ähnliche Ursache diess bedingt, sehr häufig in der theilweisen Abnahme der Elasticität zu suchen.

Pathologie der Athembewegungen.

In den nachfolgenden Blättern beabsichtige ich einige Hauptzüge der Pathologie der Athembewegungen auf Grund meiner stethographischen Untersuchungen zu schildern. Weit entfernt, bereits zu einem Abschluss dieser bis jetzt fast noch völlig unbearbeiteten Fragen geführt zu haben und ein vollendetes Ganze darzustellen, mögen die hier mitgetheilten Untersuchungen nur als ein kleiner Beitrag zu den jeweiligen Krankheitsbildern und als eine Zusammenstellung der wichtigeren dieser Resultate erscheinen.

Bei der grossen Summe von Factoren, die in zum Theil oft kaum erkennbarer Weise die Athmung im Einzelfalle beeinflussen, kann es nicht befremden, wie nur tausendfältige Prüfung hier zu sicheren Gesetzen führen kann. Anderntheils lässt sich schon von vorneherein erwarten, dass anatomisch gleichartige Processe dennoch bezüglich dieser Verhältnisse zuweilen nicht unwesentliche Differenzen aufweisen und umgekehrt ganz differente Krankheiten der Respirationsorgane in ihren Folgen für die Störung der Athmungsmechanik sich berühren werden. Immerhin mögen die bis jetzt gewonnenen Resultate nicht ohne Interesse sein.

Die folgenden Untersuchungen werden sich zunächst nur mit den Krankheiten der Respirationsorgane selbst beschäftigen und auch hier zunächst nur mit den häufiger vorkommenden, stets aber nur in so weit, als sie die Mechanik der Athmung

beeinflussen. Ausgeschlossen sind dagegen von der vorliegenden Studie alle Krankheiten der Nachbarorgane, die etwa secundär die Athmung beeinflussen können, so insbesondere alle Krankheiten des Herzens, des Pericardiums, des Mediastinums und dergleichen. Aber auch alle diejenigen Krankheiten werden hier keine weitere Berücksichtigung finden, die durch Vergrösserung des Bauchraumes die Bewegungen der Lungen zu hemmen vermögen, wie z. B. hochgradiger Meteorismus, Ascites, grosse Ovariencysten und ähnliche krankhafte Processe mehr. Ohnediess sind die durch diese letzteren bedingten Störungen der Athmungsmechanik ziemlich gleichartiger Natur und lässt sich im Allgemeinen der Satz aufstellen, dass, wenn nach einer Richtung hin die Thoraxerweiterung erschwert wird, dieselbe nach einer andern Richtung hin, nach welcher sie ungehindert erfolgen kann, in erhöhtem Maasse statt hat. Dass indess auch dieses Gesetz manche Ausnahmen erfährt, beweist am besten das bereits früher über den Einfluss der Schwangerschaft auf die Athmung Erwähnte; von wesentlichem Einflusse ist hier insbesondere die Raschheit der Entstehung dieser Veränderungen.

Wie ich früher bereits erwähnt habe, ist ein wesentlicher Vorzug der graphischen Methode darin gelegen, dass man mittelst derselben im Stande ist, die beiden Phasen der Athmung gesondert zu studiren. Erst in neuerer Zeit hat man auch vom klinischen Standpunkte aus begonnen, die beiden Phasen der Athmung genauer zu würdigen und es haben insbesondere *Biermer* und *Gerhardt* bereits auf Grund einfacher klinischer Beobachtung Krankheiten mit vorwiegend inspiratorischer und solche mit vorwiegend exspiratorischer Dyspnoë unterschieden. *Waldenburg*[1]) hat dann mittelst des Pneumatometers diese Frage für einzelne Krankheitsformen zu entscheiden gesucht, wie auch meine[2]) bereits früher mitgetheilten graphi-

[1]) Berliner klinische Wochenschrift. Nr. 45. 1871.

[2]) Würzburger med. Zeitschrift. VII. Band. 1867. und Deutsches Archiv für klin. Medicin. Band. X. p. 124.

schen Untersuchungen gezeigt haben, dass es Respirationskrankheiten gibt, deren Hinderniss vorwiegend ein inspiratorisches und solche, deren Hinderniss vorwiegend ein exspiratorisches ist.

Es können darum die Krankheiten der Respirationsorgane in solche eingetheilt werden, deren Wesen zunächst in dem beschränkten Eintritte der Luft in die oberen grossen Luftwege besteht und in solche, deren Hinderniss gelegen ist in der mangelnden Triebkraft für die Austreibung der Luft. Mit anderen Worten, man kann Krankheiten inspiratorischer und Krankheiten exspiratorischer Dyspnoë unterscheiden, während es endlich eine weitere Summe von Krankheiten gibt, die in gleicher Weise den Eintritt der Luft in einen beschränkten Abschnitt des Lungengewebes hemmen, wie den Austritt derselben; letztere Krankheitsgruppe können wir darum mit dem Namen der Krankheiten gemischter Dyspnoë bezeichnen.

Die erstgenannten beiden Krankheitsgruppen müssen ihre Folgen auf den ganzen Athmungsapparat erstrecken; die letzteren werden, da sie meistens nur auf eine Thoraxhälfte oder einen Abschnitt derselben sich beschränken, in ihren Folgen für die Störung der Athmungsmechanik auch zunächst nur an dieser Stelle Kennzeichen hinterlassen. Wir beginnen zunächst mit der ersterwähnten Gruppe von Krankheiten.

VI.

Die Verengerung der oberen Luftwege.

Wird der Zutritt der Luft durch die grossen Luftwege in erheblichem Maasse gehemmt, dann muss daraus eine Reihe von Störungen resultiren, unter denen die Dyspnoë eine hervorragende Rolle einnimmt. Diese wird stets in gleicher Weise eintreten, mag nun die verengernde Ursache im Rachen oder im Kehlkopfe oder in der Trachea gelegen sein. Für das Zustandekommen dieser ist es auch gleichgültig, ob das verengernde Moment in einer Verengerung der Trachea durch eine von aussen drückende Geschwulst oder in einer im Kehlkopfe sitzenden Neubildung oder, wie ich einen derartigen ausgeprägten Fall[1]) früher mitgetheilt habe, in einer Lähmung der Stimmbanderweiterer mit Einwärtsstellung der beiden Stimmbänder gegen die Medianlinie zu oder in einem Croup des Larynx und dergleichen mehr gelegen ist. Mag die Ursache welche immer sein, jede Verengerung der oberen Luftwege muss eine bestimmte Form der Dyspnoë erzeugen und muss eine weitere Reihe von Folgeerscheinungen mit sich führen, die für alle diese Krankheiten in gemeinsamer Weise, wenn auch in je nach dem Grade der Verengerung verschiedener Intensität, sich geltend machen.

Da alle diese Krankheiten darum in Bezug auf die Störung der Athmungsmechanik gemeinsame Erscheinungen zeigen, so will ich mich darauf beschränken, die hier vorkommenden Ab-

---

[1]) *Riegel*, Ueber die Lähmung der Glottiserweiterer. Berliner klinische Wochenschrift 1872. Nr. 20 und 21. 1873. Nr. 7.

weichungen dieser an einem Beispiele zu erläutern. Ich wähle hierzu den bereits oben erwähnten Fall von doppelseitiger Lähmung des musc. cricoarytaenoideus posticus. Aus der Krankheitsgeschichte hebe ich nur die uns hier interessirenden Punkte hervor.

Der Kranke, ein 6jähriger etwas schwächlich gebauter Knabe, litt bereits seit längerer Zeit, bevor er zur Aufnahme in die pädiatrische Klinik kam und mir zur laryngoscopischen Untersuchung überwiesen wurde, an ziemlich beträchtlichen dyspnoischen Erscheinungen, während seine Stimme keine Einbusse an Helle und Reinheit erfahren hatte. Die kurz nach seiner Aufnahme und wiederholt nachher von mir vorgenommene laryngoscopische Untersuchung ergab in Uebereinstimmung mit diesen functionellen Störungen vollkommen normalen Glottisschluss und Bänderschwingung bei der Intonation; sie zeigte aber ferner, dass bereits unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Athmens nur noch ein ganz kleiner Spalt zwischen den beiden Stimmbändern vorhanden war, der bei tiefen Inspirationen noch eine weitere Verengerung erfuhr, bei der Exspiration wieder zur früheren Enge zurückkehrte. Die Respiration zeigte sich in Folge dessen sehr beträchtlich behindert und zumal die Inspiration von einem lauten, weithin hörbaren Pfeifen und Tönen begleitet. Es war darum bei dieser beträchtlichen Glottisenge leicht begreiflich, dass eine im weiteren Verlaufe plötzlich hinzugetretene leichte Laryngitis und Bronchitis die dyspnoischen Erscheinungen so beträchtlich zu steigern vermochte, dass wir die Tracheotomie vorzunehmen genöthigt waren, unmittelbar nach welcher die dyspnoischen Erscheinungen sofort schwanden. Die Kanüle blieb von nun an liegen und lernte der Kranke bald bei zugehaltener Kanüle sprechen. Indess nahm der Katarrh bald wieder zu, die Bronchialsecretion wurde reichlicher und bereits nach kurzer Zeit liess sich eine rasch zunehmende Dämpfung des Percussionsschalls der rechten Lungenspitze nachweisen. Der Kranke magerte nun ziemlich rasch ab, die letzten Phalangen der Finger wurden exquisit trommelschlegelartig aufgetrieben; die durch die Kanüle entleerte Masse, die nun meistens in der Art herausbefördert wurde, dass mit einem Male eine grössere Menge expectorirt

wurde, stellte eine dünnflüssige, fötide, eitrige Masse dar. Allmälig breitete sich die Dämpfung des Percussionsschalles fast über die ganze rechte Lunge aus, während in der linken Lunge nur noch äusserst geringgradige Veränderungen nachweisbar waren. Der Ausbruch der Masern führte bei dem allmälig sehr heruntergekommenen Patienten das lethale Ende herbei.

Die Obduction bestätigte die Diagnose einer doppelseitigen Lähmung des musc. cricoarytaenoideus posticus vollständig. Der Kehlkopf zeigte sich in allen seinen Theilen vollkommen intact, dagegen ergab die genauere Untersuchung, dass der rechte Nervus recurrens zwischen Lungenspitze und Art. subclavia, der linke am hinteren Theile des Aortabogens in derbes, strammes Bindegewebe eingebettet und zum Theil atrophisch war. Ueberall aber im ganzen Verlaufe beider Nerven fanden sich an jeglicher Stelle neben theils atrophischen, theils degenerirten Fasern stets noch ganz wohlerhaltene Nervenfasern. Damit in Uebereinstimmung zeigte die anatomische, sowohl makroskopische wie mikroskopische Untersuchung der Kehlkopfmuskeln sehr hochgradige Atrophie beider musc. cricoarytaenoidei postici, während alle übrigen Kehlkopfmuskeln nicht die geringste Veränderung ergaben. Die übrigen Obductionsresultate sind für die vorliegende Frage von keinem Belange.

Der vorstehende Fall, in dem es sich um eine hochgradige, durch einfache Lähmung bedingte Verengerung des Kehlkopfs handelte, mag um so mehr geeignet sein, uns die Veränderungen der Athmung kennen zu lehren, insoweit sie Folge einer derartigen Verengerung der oberen Luftwege sind, als hier jede weitere Complication bis kurze Zeit nach erfolgter Tracheotomie fehlte. Wie bekannt, vermögen aber bereits der Schmerz und eine Reihe weiterer häufig derartige Affectionen begleitender Erscheinungen, so das Fieber und dergleichen mehr, die Athmung unter Umständen so zu beeinflussen, dass eine sichere Entscheidung, welche Gruppe von Erscheinungen der Athmungsstörung Folge dieser letzteren und welche directe Folge der Verengerung ist, nicht mehr möglich ist. In dem vorstehenden Falle fehlten alle sonstigen weiteren Complicationen; auch die

Bronchiectasie bestand zu der Zeit, als die hier mitgetheilten Athmungscurven aufgenommen wurden, noch nicht.

Die Curven Nro. 4 und 5 Tafel IV zeigen die Athembewegungen dieses Kranken zu einer Zeit, in der die Dyspnoë bereits einen nicht unbeträchtlichen Grad erreicht hatte.

Mit Bezug auf die an diesen beiden Curven sich findenden, indess keineswegs beträchtlichen Unregelmässigkeiten bemerke ich, dass sie ihren Grund nur in den besonderen Verhältnissen dieses Falles, insbesondere in der ziemlich hochgradigen Dyspnoë dieses Kranken finden. Die Unruhe und Angst solcher dyspnoischen Patienten ist allzubekannt, als dass ich noch weiter nöthig hätte, auf den störenden Einfluss derselben bei derartigen Untersuchungen hinzuweisen. Nur so mag es sich auch erklären, dass meine mehrmaligen Versuche, an ganz kleinen croupkranken Kindern die graphische Untersuchung der Respirationsbewegungen vorzunehmen, scheiterten.

Indess finden sich trotz dieser relativen Unregelmässigkeiten die gleichen characteristischen Abweichungen dennoch in jeder einzelnen Athmung auf's Deutlichste stets ausgeprägt. Auch wiederholt im weiteren Verlaufe vorgenommene Untersuchungen haben stets die gleichen Resultate, wie die in den nachstehenden Curven mitgetheilten, ergeben.

Die Curven sind hier insoferne umgekehrt, als wegen der inspiratorischen Einziehung (beide Curven sind am unteren Abschnitte des Sternums aufgenommen) der absteigende Schenkel (a) die Inspiration und der nächstfolgende fast senkrecht aufsteigende (b) die Exspiration darstellt.

Ein nur flüchtiger Vergleich dieser beiden Curven mit den früher mitgetheilten Normalcurven zeigt höchst beträchtliche Unterschiede. Während wir in der Norm relativ gleiche Dauer der In- und Exspiration, häufig sogar etwas längere Dauer der Exspiration beobachtet haben, nie dagegen unter normalen Verhältnissen eine auch nur etwas beträchtlich längere Dauer der Inspiration, sehen wir hier ein sehr beträchtliches Missverhältniss zwischen der Dauer der Inspiration und der der Exspiration. Die Exspiration erfolgt, wie diess das fast senk-

rechte Ansteigen des exspiratorischen Curvenschenkels zeigt, mit nicht unbeträchtlicher Schnelligkeit, selbst rascher als normal und darum vermissen wir an dem exspiratorischen Theile der Curve die besonders zu Anfang und zu Ende einer normalen Exspiration erfolgende langsame Aenderung der momentanen Geschwindigkeit. Die Inspiration dagegen erscheint, zumal mit Rücksicht auf den raschen Abfall der Exspiration, in einem unverhältnissmässigen Grade verlängert.

Diese unverhältnissmässig lange Dauer der Inspiration gegenüber der der Exspiration ist ein gemeinsamer Zug aller derjenigen Krankheiten, die mit einer Verengerung der oberen Luftwege einhergehen und dieses Missverhältniss muss bei den uncomplicirten Formen stets in dem Grade wachsen, als das Hinderniss für den Eintritt der Luft eine weitere Zunahme erfährt.

Indess sind nicht in jedem Falle von Verengerung der oberen Luftwege die Verhältnisse ganz in der Art wie hier gelagert. Gerade im vorliegenden Falle zeigt sich die Exspiration vollkommen unbehindert und dem entspricht es vollständig, dass wir inspiratorisch eine weitere Zunahme der Glottisverengerung, exspiratorisch einen Nachlass derselben mittelst des Laryngoscops hatten constatiren können. Dass die Exspiration, trotzdem auch in derselben noch eine nicht unbeträchtliche Glottisverengerung bestand, dennoch, wie die graphische Untersuchung zeigte, ungehindert erfolgte, findet seine Erklärung leicht darin, dass entsprechend der geringen Menge der mit je einer Inspiration aufgenommenen Luft und der hierauf verwendeten vermehrten Kraft und längeren Zeit die Summe der in der Exspiration frei gewordenen Kräfte eine mehr als ausreichende war. In andern Fällen, bei andern Formen der Respirationshindernisse, sehen wir dagegen nicht selten die Exspiration nicht in der gleichen Weise wie hier völlig unbehindert erfolgen. So vermag die graphische Untersuchung uns auf's Schönste von dem Einflusse dieser Hindernisse auf beide Phasen der Athmung Rechenschaft zu geben.

Die erwähnten beiden Curven zeigen indess noch weitere bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten des inspiratorischen

Schenkels; im ersten Zeitmomente der Inspiration steigt die hier gezeichnete Linie nur sehr langsam abwärts; im weiteren Verlaufe wird dieser Abfall ein rascherer, ja zuweilen erfolgt, wie in Figur 5 Tafel IV dieser Uebergang des sehr langsamen Abfalls in den beschleunigten fast plötzlich; erst gegen Ende der Inspiration tritt eine Abnahme der Geschwindigkeit dieses Abfalls ein und hiermit nähert sich der Verlauf der Curve wieder mehr einer horizontalen Linie. Diese letzterwähnten Eigenthümlichkeiten wechseln bei den einzelnen Formen derartiger Respirationshindernisse je nach dem Grade des Hindernisses; sie variiren aber auch an den verschiedenen Abschnitten des Thorax.

Bevor wir diese Verhältnisse in Kürze besprechen, mag es gestattet sein, mit wenigen Worten auf eine weitere Eigenthümlichkeit dieser Krankheitsgruppe einzugehen, die wir gleichfalls mittelst des graphischen Verfahrens — freilich auch bereits mittelst einfacherer Methoden — erkennen; ich meine die bereits bekannte, aber noch nicht hinreichend erklärte Thatsache, dass wider Erwarten in vielen derartigen Fällen die Zahl der Athemzüge sich nicht oder in nur geringem Grade beschleunigt.

Für manche Formen von Laryngostenosen mag die Erklärung ausreichend sein, dass durch Entzündung oder auf sonst welche Weise die sensiblen Enden des Nervus laryngeus superior gereizt werden und dadurch die von *Rosenthal* entdeckte Hemmungsfunction des Nervus laryngeus superior in Wirksamkeit trete. Für andere Formen von Laryngostenose dürfte diese Erklärung gewiss nicht ausreichend sein und gerade unser oben angeführtes Beispiel dürfte hierher zu rechnen sein. In unserem Falle fehlte wenigstens während einer langen Zeit jede entzündliche Erscheinung, es handelte sich hier ja nur um eine einfache Paralyse des musc. cricoarytaenoideus posticus, die kaum Grund zu einer Reizung des N. laryngeus superior geben dürfte und dennoch vermissten wir auch in unserem Falle diese relative Verlangsamung der Athemzüge nicht. Für manche diese Formen mag der Grund vielleicht ein einfach ökonomischer sein, zumal für die Fälle, in denen, wie in dem

angezogenen, ein Hinderniss für den Austritt der Luft nicht besteht.

Mit der öfteren Wiederholung der Athemzüge muss selbstverständlich wie die Zahl der Inspirationen, so auch die der Exspirationen steigen. Je öfter der Kranke athmet, desto kürzer wird auch die Dauer einer In- und dem entsprechend auch desto kürzer die Dauer der Exspiration sein; und umgekehrt, je länger die einzelne Athmung währt, desto länger würde auch die Inspiration und die ihr zugehörige Exspiration sein. Würde das Verhältniss factisch stets in der Art sein, dann wäre nicht abzusehen, wie durch eine Verlangsamung der Athmung eine Ersparniss einträte, zumal ja in beiden Fällen stets jede Respirationspause vermisst wird. Es würde dann bei der langsamen Athmung jede Inspiration entsprechend länger währen und in gleicher Weise jede Exspiration und umgekehrt bei beschleunigter Athmung beide in gleichem Verhältnisse bezüglich ihrer Zeitdauer abnehmen. So scheint indess das Verhältniss nicht gelagert, wenigstens nicht für alle Fälle. Betrachten wir gerade unsere vorstehenden Curven, dann zeigt sich, dass die Exspiration nicht selten schon so ziemlich das Maximum ihrer Geschwindigkeit erreicht hat. Der aufsteigende Schenkel, der der Exspiration entspricht, zeigt, zumal in Figur 5, trotz dieser auch hier relativ verlangsamten Athmung eine so beträchtliche Raschheit der Bewegung, dass seine Linie nahezu mit der Richtungslinie zusammenfällt; diese letztere stellt aber bereits das Maximum der Geschwindigkeit dar. Es ist darum kaum mehr denkbar, dass diese Geschwindigkeit bei einer Athmungsbeschleunigung etwa auf die doppelte oder gar dreifache Zahl sich in entsprechendem Maasse vermehren würde. Es würde darum, wäre die Athmung eine schnellere, nicht die gleiche Zeit wie bei verlangsamter Athmung auf die gesammte Exspiration innerhalb einer bestimmten Frist verwendet; es würde, da eine dem entsprechende Beschleunigung der Exspiration nicht mehr möglich ist, nahezu die doppelte oder dreifache Zeit der Exspiration gewidmet werden, wie bei verlangsamter Athmung. Dass der so hochgradig dyspnoische Kranke diesen Zeitaufwand auf Kosten der Inspiration sich

nicht gestattet, scheint nur ein weiteres Mittel zu sein, um seiner hochgradigen Dyspnoë zu steuern.

Dass diese Erklärung nur für diejenigen Fälle passen würde, in denen, wie im vorliegenden. die Exspiration schon ganz oder nahezu ganz das Maximum ihrer Geschwindigkeit erreicht hat, brauche ich kaum mehr hervorzuheben. Für andere Fälle, zumal solche, in denen die Exspiration eine wenn nicht verlangsamte, so doch nicht zu Gunsten der Inspirationsdauer beschleunigte ist, mag die vorstehende Erklärung nicht ausreichen.

Die graphische Untersuchung hat uns ferner ergeben, dass statt, wie unter normalen Verhältnissen, einer inspiratorischen Hebung ein inspiratorisches Einsinken eines Theiles des Sternums erfolgte. Der Zeitmoment, in welchem diese inspiratorische Einziehung erfolgt, wie der Grad und die Ausdehnung derselben wechseln in verschiedenen Fällen nicht unbeträchtlich. Sehr viel kommt hierbei auf den Grad der für die Inspiration verwendeten Kraft an. In den beiden nebenstehenden Curven sehen wir im Anfange der Inspiration, zumal an Curve 5 Tafel IV noch für einen gewissen Theil der inspiratorischen Wegstrecke einen fast horizontalen Verlauf der Curve (Pause am Anfange der Inspiration). Plötzlich aber wird die Einziehung eine stärkere oder auch sie beginnt erst jetzt und mit grosser Gewalt und Schnelligkeit wird ein grösserer oder kleinerer Theil des Thorax nach einwärts gezogen.

Je mehr der Kranke sich dem Respirationshindernisse accommodirt hat, desto mehr wird seine Athmung dem Bilde entsprechen, das Figur 4 Tafel IV darstellt. Der inspiratorische Schenkel fällt hier mit allmälig, nicht plötzlich, wachsender und gegen Ende wieder abnehmender Geschwindigkeit ab. Anders schon in Figur 5, wo der erste Theil der Curve nur einen ganz schwachen Abfall zeigt; plötzlich aber, wie der nun rasch erfolgte und steile Abfall des inspiratorischen Curvenschenkels zeigt, ist die Grenze erreicht, bis zu welcher sich die beiderseitigen Kräfte noch annähernd das Gleichgewicht halten können. Durch die inspiratorischen Muskelkräfte war trotz der geringen Menge der einströmenden Luft und die dadurch gesetzte Luftverdünnung noch dem äussern Luft-

drucke eine Zeit lang das Gleichgewicht gehalten worden; endlich überwiegt der auf der äusseren Thoraxfläche lastende beträchtlich stärkere Athmosphärendruck trotz aller inspiratorischen Muskelkräfte, die den Thorax zu erweitern suchen und mit beträchtlicher Gewalt und Raschheit erfolgt die Einziehung eines grösseren oder kleineren Theiles des Thorax, die inspiratorische Aspiration des Zwerchfells. Diese Einziehung ist natürlich am stärksten an den nachgiebigen Stellen des Thorax, die zugleich die entferntesten sind von der Eintrittsstelle der athmosphärischen Luft, demnach an der unteren Thoraxapertur. Je nach dem Grade des Hindernisses wird dieses inspiratorische Einsinken sich auf einen grösseren oder kleineren Thoraxabschnitt erstrecken und eine dementsprechende Intensität zeigen.

Noch deutlicher dürften sich die Verhältnisse in Figur 1 Tafel V darstellen. Dieselbe stellt das Bild einer allmälig wachsenden Dyspnoë dar, wie ein solches sich am häufigsten in den sogenannten Croupanfällen beobachten lässt. Der erste Theil der Platte stellt noch Verhältnisse dar, analog denen, wie wir sie eben an den andern Curven beobachtet haben. Allmälig aber wandelt sich der anfänglich horizontale oder schwach abfallende Theil des inspiratorischen Curvenschenkels, der dem Beginne der Inspiration entspricht, in eine schwach ansteigende, in eine Ascensionslinie, um; wir sehen darum trotz hochgradiger Dyspnoë jetzt im Beginne sogar eine inspiratorische Vorwölbung; alle Inspirationsmuskeln treten mit erhöhter Kraft in Thätigkeit, sie bedürfen einer weit grösseren Kraftentwicklung als normal, um den Thorax zu erweitern, da durch die der Ausdehnung des Thorax folgende Erweiterung der Lunge, die stets genau den Bewegungen der Brustwand folgen muss, eine beträchtliche Luftverdünnung in ihr erzeugt wird, der der auf der äusseren Thoraxfläche lastende Gegendruck der Athmosphäre entgegenzuwirken sucht. Trotz alledem gelingt es den vereinten inspiratorischen Muskelkräften, eine kurze Zeit lang diesen äusseren Athmosphärendruck zu überwinden.

Plötzlich aber ist die Grenze erreicht und nun vermögen die inspiratorischen Kräfte, da die Druckdifferenz eine gewisse

Grenze überschritten hat, dem äusseren Athmosphärendrucke nicht mehr das Gleichgewicht zu halten und mit Gewalt und beträchtlicher Schnelligkeit wird der Thorax an den am wenigsten Widerstand bietenden Stellen eingezogen. Die jetzt erfolgende Einziehung ist darum eine desto mächtigere und erfolgt nicht nur bis zu der Grenze, von der die inspiratorische Vorwölbung ihren Anfang genommen hatte; sie erreicht ein viel beträchtlicheres Maass, so dass nun auch das Zwerchfell überwunden wird und umgekehrt mit der Exspiration eine Vorwölbung dieser Thoraxabschnitte erfolgt.

Bezüglich dieser in Folge der beträchtlichen Luftverdünnung hervorgebrachten Einziehung muss ich erwähnen, dass nur bei einer stärkeren Luftverdünnung von einer solchen die Rede sein kann. Wenn ich darum an früherer Stelle erwähnt habe, dass normaler Weise durch die inspiratorische Erweiterung des Thorax eine Luftverdünnung in den Lungen erzeugt werde, die nun zur Folge habe, dass die athmosphärische Luft so lange nachströme, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt sei, so ist dieser Unterschied der Dichtigkeit der Luft selbstverständlich nicht in dem Sinne aufzufassen, dass es bereits normaler Weise zu einer bedeutenden Luftverdünnung in den Lungen käme. Eine solche ist normaler Weise natürlich in den Lungen keinen Augenblick möglich, da sofort die athmosphärische Luft in die Lungen in dem Maasse nachströmt, als die Erweiterung des Thorax erfolgt. Dagegen kommt es zu einer stärkeren Luftverdünnung bei den eben erwähnten Zuständen und damit auch zu inspiratorischen Einziehungen.

Dass der Modificationen dieser inspiratorischen Dyspnoë noch mannichfaltige sein können, brauche ich kaum mehr zu erwähnen; eine ausführliche Besprechung aller hier vorkommenden Möglichkeiten würde an dieser Stelle zu weit führen. Es mag genügen, an einem Beispiele gezeigt zu haben, wie die graphische Untersuchungsmethode hier manche Aufschlüsse zu geben vermag, die uns kaum auf anderem Wege leicht zugänglich sein dürften.

Ich habe für die vorliegende Betrachtung keine Doppelcurven eingeschaltet, da die wichtigeren Verhältnisse bereits aus diesen einfachen Curven zu erkennen sind. Dass indess

auch für diese Fälle die Doppelschreibung ihre besonderen Vorzüge hat, da sie uns die gegenseitigen Differenzen dieser Bewegungen an verschiedenen Stellen des Thorax in übersichtlichster Weise zeigt, brauche ich kaum mehr hervorzuheben. Die Frage, wie und wann jeder einzelne Punkt gegenüber einem zweiten in den Act der Athmung eingreift, wie sich beide im weiteren Verlaufe ihrer auf- und abwärts gehenden Thätigkeit verhalten, kann nur auf solchem Wege mit Sicherheit gelöst werden. Diese Fragen treten allerdings hier im Vergleiche zu den bereits durch die einfache graphische Untersuchung zu lösenden in den Hintergrund; die wichtigeren Kennzeichen, wie insbesondere der Grad des Missverhältnisses zwischen In- und Exspirationsdauer können bereits mittelst dieser, wie ich schon in einer früheren Arbeit gezeigt habe, erkannt werden und darum mögen für die allgemeine Auffassung des krankhaften Processes solche Curven wie die hier vorstehenden, die mittelst meines einfachen Stethographen gewonnen wurden, vollkommen ausreichen.

Die übrigen Erscheinungen der Verengerung der oberen Luftwege kommen, da sie nicht in das Bereich der graphischen Untersuchung fallen, hier nicht weiter in Betracht. Ueber weitere Details als die erwähnten vermag die graphische Methode uns nicht Rechenschaft zu geben; sie wird die gleichen Resultate liefern, ob wie im vorliegenden Falle eine Muskellähmung oder ob eine Neubildung das Hinderniss für den Eintritt der Luft bildet, ob die verengernde Ursache ausserhalb der grossen Luftwege oder innerhalb derselben ihren Angriffspunkt hat und dergleichen mehr, so lange der Grad der Verengerung der gleiche ist. Die einzelnen Formen der Verengerung auseinanderzuhalten, muss darum andern Hülfsmitteln vorbehalten bleiben.

Dass aber auch bei schon bestehenden anderen Erkrankungen der Respirationsorgane der Hinzutritt einer neuen derartigen Erkrankung, die mit einer auch nur mässigen Verengerung der oberen Luftwege einhergeht, sich dann noch auf graphischem Wege erkennen lässt, dafür gibt es der Beispiele viele und werde ich im weiteren Verlaufe derartige Beobachtungen einschalten. Gerade die häufigste aller Erkrankungen,

die Phtise, hat die Eigenthümlichkeit, in späteren Stadien sehr häufig die oberen Luftwege, speciell den Larynx, in Mitleidenschaft zu ziehen; unter den dann vorkommenden Complicationen finden sich manche, die mit einer zuweilen selbst nicht unbeträchtlichen Verengerung dieser Wege einhergehen; gerade hier aber vermag die graphische Methode den Eintritt dieser complicirenden Erkrankung mit Sicherheit zu constatiren.

VII.

Emphysem. Chronische Bronchitis.

In den vorhergehenden Zeilen haben wir uns mit einer Krankheitsgruppe beschäftigt, die sich dadurch kennzeichnet, dass dem Eintritte der athmosphärischen Luft in die grossen Luftwege sich mehr oder minder beträchtliche Hindernisse in den Weg stellen. Dementsprechend hat die graphische Methode als gemeinsamen Character dieser Krankheitsgruppe ein Missverhältniss zwischen dem in- und exspiratorischen Schenkel der Curve zu Gunsten des ersteren ergeben.

Betrachten wir im Gegensatze hierzu eine Krankheit, deren Sitz in den kleinsten Luftwegen, am entgegengesetzten Ende in den letzten Verzweigungen der Lunge zu suchen ist und deren Wesen in einer Elasticitätsverminderung der Lunge beruht. Eine solche Krankheit stellt bekanntermassen das Emphysem dar.

Wenn wir das Emphysem vom physiologischen Standpunkte aus betrachten, dann müssen wir dasselbe als eine Elasticitätsverminderung der Lunge auffassen; vom anatomischen Standpunkte aus pflegt man da von Emphysem zu sprechen, wo eine wirkliche Erweiterung der Lungenalveolen über ihr gewöhnliches Maass hinaus nachweisbar ist, vom klinischen Standpunkte aus da, wo eine dementsprechende Vergrösserung der Lungen über ihre normalen Grenzen mit physicalischen Hülfsmitteln sich eruiren lässt. Für die klinische Auffassung mag die Kenntniss des Grades der Funktionsstörung von vielleicht grösserer Bedeutung sein, als der physicalische Nachweis einer grösseren räumlichen Ausdehnung der Lungen.

Dass Erweiterung der Alveolen, Erweiterung des Thorax und Funktionsstörung der Lunge häufig, ja in der grössten Zahl der Fälle, parallel gehen, ist eine natürliche Folge ihrer gegenseitigen Beziehungen. Wenn die Lunge ihre elastischen Eigenschaften mehr oder minder eingebüsst hat, dann fehlt der inneren Brustwand eine Kraft, die man als Zugkraft der Lunge wiederholt bezeichnet hat und die eine Verkleinerung des Thoraxraumes so oft zur Folge hat, als derselbe durch die inspiratorischen Muskelkräfte erweitert worden ist. Mangelt diese Kraft, dann muss der Thorax allmälig erweitert werden. Der Thorax erhält dann, so lange er noch überhaupt Formveränderungen einzugehen im Stande ist, im Laufe der Zeiten jene bekannte Fassform, die dem geübten Auge auf den ersten Blick das Emphysem zu erkennen gestattet. Gehen darum Elasticitätsverlust des Lungengewebes, Erweiterung der Lungenalveolen und Formveränderung des Thorax in vielen Fällen unmittelbar mit einander parallel, so muss das doch nicht in allen Fällen sein, wie diess das Emphysema senile zeigt, wie diess jene Fälle zeigen, in denen trotz eines dem fassförmigen nahestehenden Thoraxbaues keine Störungen der Athmung bestehen. Der sicherste Ausdruck für den Grad des Elasticitätsverlustes wird darum nicht sowohl in dem Grade der Erweiterung des Brustkastens zu suchen sein; dieser Elasticitätsverlust wird sich stets in Störung des Mechanismus der Athmung kundgeben, da gerade die Elasticität der Lunge die wichtigste Rolle für den Austritt der Luft spielt. Da demnach die exspiratorischen Kräfte zunächst durch diesen Verlust der Elasticität geschädigt werden, so ist klar, dass jedes Emphysem eine exspiratorische Form der Dyspnoë erzeugen muss. Sehen wir nun, welches hier die Resultate der graphischen Methode sind.

Figur 2 Tafel V entstammt einem 59 Jahre alten Dienstknecht, der an einem ziemlich hochgradigen Emphysem, secundärer Hypertrophie und Dilatation des rechten Herzens litt. Der Thorax war in seinen oberen Abschnitten deutlich erweitert und zeigte die dem Emphysem zukommenden bekannten Formveränderungen.

Nebenstehende Curve stellt eine Zwerchfellcurve dar. Auf den ersten Blick zeigt sich, dass hier nicht unbeträchtliche

Differenzen im Vergleiche zu den Normalcurven existiren. Ich erwähne gleich hier, dass die wesentlichen Eigenthümlichkeiten, die sich an dieser hier mitgetheilten Curve, sowie den weiterhin folgenden im Gegensatze zum normalen Zustande ergeben, sich in jeder Curve eines Emphysematikers stets wiederholen; es zeigt sich ferner, dass diese Abweichungen von der Norm um so deutlicher in den Curven ausgeprägt sind, je hochgradiger die emphysematöse Erweiterung der Lunge, je hochgradiger der Verlust der Elasticität der Lungenalveolen ist.

Betrachten wir die einzelne Athmungscurve als solche und vergleichen wir dieselbe mit einer Normalcurve, so ergibt sich sofort als eine der augenscheinlichsten Differenzen, dass der inspiratorische Theil derselben mit ziemlich beträchtlicher Schnelligkeit bis zu seinem oberen Culminationspunkte ansteigt. Gegenüber der Normalcurve vermissen wir hier das sanfte, wellenförmige Ansteigen der Inspiration, die allmäligen Uebergänge von einer im Beginne langsamen momentanen Geschwindigkeit zu einem allmäligen Anwachsen derselben mit endlicher Wiederabnahme; im Anfangstheile des inspiratorischen Curvenschenkels ist zuweilen die Geschwindigkeit noch um ein Unbedeutendes geringer; diess währt indess nur äusserst kurze Zeit und sehr bald erreicht die Geschwindigkeit denjenigen Grad, den sie nun annähernd während der ganzen Dauer der Inspiration beibehält. Der inspiratorische Curvenschenkel zeichnet sich demnach in den höheren Graden der uncomplicirten Formen durch das Fehlen der allmäligen Uebergänge, durch eine relativ gleiche momentane Geschwindigkeit, selbst unter Umständen durch grössere Geschwindigkeit als im Normalzustande aus. Vergleichen wir im vorliegenden Falle den inspiratorischen Curvenschenkel mit der Richtungslinie, die man erhält, wenn man den Zeichenhebel an der ruhenden Platte auf- und abschwingen lässt, so zeigt sich, dass beide fast vollständig einander parallel gehen; das Maximum der überhaupt möglichen Geschwindigkeit wird aber stets dann erreicht sein, wenn beide einander völlig parallel gehen.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der vorstehenden Emphysemcurve ist darin gelegen, dass die Inspiration nicht allmälig und mit beträchtlicher Abnahme der momentanen Geschwindigkeit,

wie diess im Normalzustande geschieht und wie diess ja zu der Annahme einer inspiratorischen Pause Veranlassung gab, in die Exspiration übergeht; wie sich hier zeigt, erfolgt wenigstens in den höheren Graden dieses Elasticitätsverlustes und bei dem entsprechender höhergradiger Dyspnöe der Uebergang der Inspiration in den exspiratorischen Theil der Curve plötzlich unter einem spitzen Winkel. Dieser rasche, plötzliche Abfall und Uebergang der Inspiration in die Exspiration ist eine weitere dem Emphysem in seinen höhergradigen Formen zukommende Eigenthümlichkeit.

Dieses Moment verliert allerdings dann an seiner Bedeutung, wenn die Messungen an Stellen vorgenommen werden, deren Gesammtverschiebung überhaupt nur eine minimale ist, da die gleiche Zeitdauer, wie für die grössere, so auch für diese kleinere Wegstrecke verwendet wird, oder auch wenn die Gesammtathmung bereits eine sehr beschleunigte ist.

Wie wir früher bereits bei Betrachtung der Normalcurven gesehen haben, verlieren sich in dem Maasse, als die Athmung auch beim Gesunden sich beschleunigt, die allmäligen Uebergänge und langsamen, sanften Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit. Stets aber besteht auch dann noch beim Gesunden ein annähernd gleiches Verhältniss zwischen In- und Exspirationsdauer. In unserem vorliegenden Beispiele sehen wir indess die Athmung keineswegs beschleunigt. Die Zahl der in einer Minute erfolgten Athmungen überschreitet hier kaum die Norm und es dürfte vielleicht auch hier diese relative Verlangsamung der Athmung trotz hochgradiger Dyspnöe sich daraus erklären, dass eine beträchtlichere Athmungsbeschleunigung bei der ohnediess schon sehr beschleunigten Inspiration nur auf Kosten der der Exspiration gewidmeten Zeit möglich wäre. So sehen wir auch hier ein analoges Verhältniss wie bei der Verengerung der oberen Luftwege, selbstverständlich in umgekehrter Weise; dort rasches, beschleunigtes, fast senkrechtes Ansteigen der Exspiration, hier ein gleiches der Inspiration.

Wenn aber trotz beschleunigter Inspiration die Zahl der in einer bestimmten Zeit erfolgten Athmungen kaum die Norm

überschreitet, dann ist das nur möglich, wenn lange Pausen eingeschaltet werden oder dadurch, dass die Exspiration in entsprechendem Maasse sich verlängert. Auch hierüber gibt uns die graphische Untersuchung genügende Aufschlüsse. Wie sie uns zeigt, ist eine der auffälligsten und characteristischsten Erscheinungen des Emphysems das ungeheuere Missverhältniss zwischen Inspirationsdauer und Exspirationsdauer. Es dürfte unnöthig sein, hier durch Berechnung der Abscissendifferenzen je eines unteren und des zugehörigen oberen Culminationspunktes sich von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugen zu wollen. Ein Blick auf eine derartige Curve genügt, um das beträchtliche Missverhältniss sofort zu erkennen. Gerade die verlängerte Exspiration zeigt sich in jeder Emphysemcurve auf's Deutlichste. Meine an sehr vielen Emphysematikern und an den gleichen Emphysematikern wiederholt in verschiedenen Zeiträumen angestellten graphischen Messungen haben mir weiterhin gezeigt, dass gerade hierin ein gewisser Maassstab für den Grad des Emphysems gelegen ist. Jemehr die elastische Kraft der Lunge zu Verlust gegangen ist, desto mehr muss dieses Missverhältniss zwischen der Dauer der Inspiration und der der zugehörigen Exspiration sich geltend machen. Selbst im Zustande hochgradigster Dyspnöe und möglichst beschleunigter Athmung lässt sich diese Eigenthümlichkeit noch an jeder Emphysemcurve erkennen.

Die beträchtlich verlängerte Dauer der Exspiration kann nur auf Kosten von Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit Statt haben und es hat darum ein besonderes Interesse, zu eruiren, wie die Geschwindigkeit in den einzelnen Zeitmomenten der Exspiration sich verhält.

Je nachdem die Athmung mit einem grösseren oder geringeren Kraftaufwande erfolgt, je nachdem sie mehr oder minder beschleunigt ist, je nach der Hochgradigkeit der emphysematösen Erweiterung der Lungen zeigen sich hier eine Reihe weiterer Abstufungen; auf alle hier vorkommenden Möglichkeiten in extenso einzugehen, kann nicht der Zweck dieser Zeilen sein; es mag genügen, hier einige der am häufigsten vorkommenden Anomalieen zu berühren.

So legt, wenn wir die vorstehende Curve Nr. 2 Tafel V betrachten, der absteigende Curvenschenkel noch einen guten Theil und zwar den ersten Theil seines Weges mit noch relativ beträchtlicher Geschwindigkeit zurück.

Im Vergleiche zu dem inspiratorischen Curvenschenkel mag auch die Geschwindigkeit dieses ersten Theiles, ungefähr des ersten Dritttheils des exspiratorischen Schenkels, schon als eine entschiedene Verlangsamung erscheinen.

Vergleichen wir dieselbe aber mit einer Normalcurve, deren Athmungsdauer der mittleren Dauer einer Gesammtathmung des vorliegenden Falles entspricht, dann mag dieselbe sich zum Mindesten nicht als verlangsamt ergeben. Abgesehen davon zeigt indess im vorliegenden Falle der erste Theil des exspiratorischen Schenkels noch weitere Eigenthümlichkeiten. Vom Beginne des Curvengipfels bis zum Ende ist seine Geschwindigkeit stets ungefähr die gleiche. Gerade in diesem Zeitmomente, gerade am Anfange der Exspiration sehen wir an den Normalcurven continuirliche Aenderungen der Geschwindigkeit, die um so ausgeprägter sind, je ruhiger und langsamer die einzelne Athmung erfolgt.

Der mittlere Theil des exspiratorischen Weges wird allerdings auch hier mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit zurückgelegt, wie wir es auch an den Normalcurven in der Regel zu beobachten Gelegenheit haben; seine Geschwindigkeit ist indess eine sichtlich andere, eine im Vergleiche zum ersten Theile deutlich verlangsamte geworden und diese hier erfolgte weitere Abnahme der momentanen Geschwindigkeit, die sich jetzt unter dem Niveau der normalen mittleren Geschwindigkeit bewegt, ist, wie wir leicht erkennen können, ziemlich plötzlich eingetreten. Die mittlere Wegstrecke wird aber, wie wir früher gesehen haben, unter normalen Verhältnissen mit der grössten der gesammten Geschwindigkeit zurückgelegt.

Die grösste Verlangsamung aber zeigt sich nach einem weiteren Zeitpunkte, im vorliegenden Falle ungefähr im Beginne des letzten Zeitdrittels.

So sehen wir denn wiederholte Aenderungen der Geschwindigkeit, im Anfange die grösste Geschwindigkeit, dann eine mittlere Geschwindigkeit und gegen Ende beträchtliche

Abnahme derselben. Mit anderen Worten, der erste Theil des Weges, den der betreffende Thoraxpunkt bei der Exspiration zurückzulegen hat, wird noch mit relativ grosser Geschwindigkeit zurückgelegt. Die Geschwindigkeit bewegt sich jetzt kaum noch unter der Norm, aber im Gegensatze zum Normalzustande ist dieselbe in diesem Zeitraume eine fast gleichbleibende. Der zweite Theil der exspiratorischen Wegstrecke wird schon mit einer beträchtlich geringeren Geschwindigkeit zurückgelegt, einer Geschwindigkeit, die sich jetzt oft schon nicht unbeträchtlich unter der Norm bewegt. Der dritte Theil des Weges, der häufig nur einen kleinen Rest der gesammten Wegstrecke darstellt, wird bei noch viel beträchtlicherer Abnahme der Geschwindigkeit und bei der kleinsten der Gesammtgeschwindigkeit zurückgelegt. Alle diese Aenderungen treten relativ rasch und plötzlich ein, so dass man leicht durch Verlängerung jener drei Linien sich von den beträchtlichen Geschwindigkeitsänderungen überzeugen kann.

Die Erklärung dieser Verhältnisse bietet keine besonderen Schwierigkeiten.

Die Inspiration zeigt sich nicht wesentlich erschwert; ihr fehlt ja noch die Gegenkraft, die normaler Weise ihr entgegenzuwirken bestrebt ist, d. i. die elastische Kraft der Lunge. Trotzdem kann man mit einer gewissen Berechtigung auch sagen, dass die Inspiration erschwert ist. Die übermässig ausgedehnte Lunge lässt sich nicht mehr in der normalen Weise erweitern, der Kranke kann weniger Luft aufnehmen, da der vorhandene Raum nicht viel neue mehr zu fassen im Stande ist, indem der Thorax schon im Beginne der Inspiration eine Stellung zeigt, die unter allen Verhältnissen einem hohen Grade der inspiratorischen Erweiterung entsprechen würde. Immerhin mag dieses Moment eine untergeordnete Rolle spielen; der Kranke nimmt eben diejenige Menge von Luft auf, für die noch Raum vorhanden ist und da eine analoge Erweiterung des Thorax wie beim Gesunden nicht mehr möglich ist, so ist die inspiratorische Arbeit bald vollbracht. Die Inspiration erfolgt darum rasch, ja oft rascher, als normal. Vielleicht mag hierzu auch beitragen, dass der Kranke durch die vorhergegangene sehr verlängerte Exspiration dyspnoisch geworden

ist und entsprechend diesem vermehrten Athmungsbedürfnisse nun forcirter einathmet.

Die Exspiration erfolgt, zumal auch die Inspiration mit einem gewissen Kraftaufwande erfolgt war, in den ersten Zeitmomenten relativ rasch. Der Rest der elastischen Lungenkraft, der Druck der Unterleibsorgane, die mit der Inspiration unter einen höheren gesetzt worden waren, das Bestreben der Rippen, in ihre frühere Gleichgewichtslage zurückzukehren, der Wegfall der inspiratorischen Muskelkräfte, alle diese Momente zusammen ermöglichen es, dass der erste Theil der exspiratorischen Wegstrecke noch mit einer gewissen Raschheit und Leichtigkeit zurückgelegt wird.

Der weitere Theil der Wegstrecke wird bereits unter zunehmenden Hindernissen zurückgelegt. Die Elasticitätskraft der Lunge ist, wenn nicht ganz, so doch zu einem guten Theile verbraucht; der Druck der Baucheingeweide, die noch weitere Entlastung durch Höherrücken des Zwerchfells anstreben und die exspiratorischen Hülfsmuskeln vermögen jetzt nur in einem längeren Zeitraume eine weitere Verkleinerung zu erzielen; daher jetzt dieser Theil der Curve eine beträchtlich geringere momentane Geschwindigkeit zeigt, als der Anfangstheil derselben. Endlich fallen noch weitere Kräfte hinweg; die Elasticität der Lunge hat längst geleistet, was sie vermochte, die meist starre Beschaffenheit des Thorax setzt der weiteren Verkleinerung gleichfalls Hindernisse entgegen und so ist trotz allen Kraftaufwandes, trotz energischer Zuhülfenahme aller exspiratorischen Hülfsmuskeln der Kranke nur noch äusserst wenig die Lunge zu verkleinern im Stande. Obwohl er einen beträchtlich grösseren Zeitraum der weiteren Verkleinerung der Lunge widmet, so gelingt ihm diess wegen der verloren gegangenen Lungenelasticität nur bis zu einem äusserst geringen Grade. Er muss durch längere Arbeit, um es mit anderen Worten zu sagen, ersetzen, was ihm an Kraft gebricht und dennoch erreicht er seinen Zweck nicht.

Darum zeigt der letzte Theil des exspiratorischen Curvenschenkels stets die geringste Geschwindigkeit. In dem Maasse, als eine Kraft nach der andern erlahmt, muss die Geschwin-

digkeit, die der directe Ausdruck des geleisteten Effectes ist, abnehmen.

So ist es denn nur eine natürliche Folge, dass der exspiratorische Theil der Curve die erwähnten Eigenthümlichkeiten zeigt und wiederholt sich hier in umgekehrter Weise, was uns die graphische Betrachtung der Krankheiten der oberen grossen Luftwege für den inspiratorischen Theil der Curve lehrte.

Das eben erwähnte Beispiel stellt bereits einen der höheren Grade des Emphysems dar; in den gelinderen Graden dieses Elasticitätsverlustes müssen demgemäss die eben erwähnten Eigenthümlichkeiten sich weniger prägnant bei der graphischen Darstellung geltend machen.

Figur 3 Tafel V stellt gleichfalls das Bild eines der höheren Grade des Emphysems dar. Auch hier sehen wir den inspiratorischen Theil der Curve ziemlich rasch und gleichmässig bis zum oberen Culminationspunkte ansteigen; auch der Uebergang des inspiratorischen in den exspiratorischen Curvenschenkel erfolgt hier ziemlich rasch. In gleicher Weise fällt der exspiratorische Schenkel während eines guten Theils der exspiratorischen Wegstrecke rasch ab; ganz plötzlich aber nimmt seine Geschwindigkeit ab und der Rest des Weges, der weit unter der Hälfte der gesammten exspiratorischen Wegstrecke steht, wird mit beträchtlich verminderter Geschwindigkeit zurückgelegt.

Wie in dem früher angezogenen Beispiele, so sehen wir darum auch hier relativ rasche Inspiration, relativ raschen Abfall während eines grossen Theiles der exspiratorischen Wegstrecke, starke Verminderung der Geschwindigkeit des Abfalls während des letzten Theiles des exspiratorischen Curvenschenkels, demnach beträchtliches Missverhältniss zwischen der Dauer der Inspiration und der der Exspiration. Auch hier zeigt wie in dem zuerst angeführten Beispiele der letzte Theil des exspiratorischen Curvenschenkels die geringste Geschwindigkeit und wird auch hier wieder durch eine beträchtlich längere Zeitdauer die Einbusse an elastischer Kraft zu ersetzen gesucht.

Wie wir früher bei Betrachtung der Normalcurven gesehen haben, waren die Resultate der graphischen Untersuchung verschieden, je nachdem die Athmung möglichst ruhig und den gewöhnlichen Verhältnissen entsprechend erfolgte und je nachdem dieselbe beschleunigt war. Es ergab sich dort, dass eine Reihe feinerer Differenzen, die an den bei ruhiger Athmung gewonnenen Curven noch deutlich erkennbar waren, in dem Maasse zurücktraten, als die Athmung sich beschleunigte. Immerhin blieben die wichtigsten Charactere der normalen Athmungscurven selbst dann noch erkennbar, wenn auch die Athmung eine nicht unbeträchtliche Beschleunigung erfahren hatte. So ist denn auch in ähnlicher Weise eine etwas beträchtlichere Beschleunigung der Athmung beim Emphysem im Stande, manche der früher erwähnten feineren Anomalieen mehr oder minder in den Hintergrund zu drängen. Die wichtigsten Charactere der Emphysemcurve bleiben aber auch dann noch erhalten.

Als Beispiel einer derartigen Athmungsbeschleunigung beim Emphysem führe ich Curve Nr. 4 Tafel V an. Die Athmung ist, wie ein Vergleich mit den bei der gleichen Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung der Platte gezeichneten Curven Nr. 2 und 3 ergibt, hier eine sichtlich beschleunigte. Die Curve entstammt einem 66jährigen, ziemlich abgemagerten Taglöhner. Der Thorax dieses Patienten zeigte keine stärkere Fassform, dagegen waren die unteren Grenzen der Lungen nicht unbeträchtlich nach abwärts gerückt; der Grad des Emphysems war im Ganzen ein mässiger. Die nebenstehende Curve Nr. 4 zeigt im Allgemeinen nicht unbeträchtliche Unregelmässigkeiten; trotz dieser und trotz der Athmungsbeschleunigung sind die wichtigsten der früher für das Emphysem hervorgehobenen charakteristischen Eigenschaften noch auf's Deutlichste erkennbar.

Die Inspiration steigt steil und plötzlich an und fällt ihre Ascensionslinie mit der Richtungslinie annähernd zusammen; der Uebergang der In- in die Exspiration erfolgt unter einem scharfen, spitzen Winkel; auch ein guter Theil der exspiratorischen Wegstrecke wird mit beträchtlicher und ziemlich gleichbleibender Geschwindigkeit zurückgelegt. Mit einem Male ist

die Grenze erreicht, bis zu welcher die Exspiration leicht und ungehindert erfolgen kann. Der übrige und zwar kleinere Theil der Wegstrecke wird nun mit einem weit grösseren Kraftaufwande, insbesondere mit einem beträchtlichen Aufwande an Zeit zurückgelegt. Die hier sichtbaren Unregelmässigkeiten sind der Bauchwand mitgetheilte pulsatorische Bewegungen; aber auch trotz dieser ist das grosse Missverhältniss zwischen der Dauer der Inspiration und der der Exspiration, der beträchtlich längere Zeitaufwand für den letzten Theil der exspiratorischen Wegstrecke, in deutlichster Weise in dieser Curve ausgeprägt.

So bietet auch unter solchen complicirenden Verhältnissen die graphische Methode noch immer hinreichende Anhaltspunkte zur Erkennung dieser Abweichungen vom normalen Verhalten.

Um indess zu zeigen, dass die eben erwähnten Formabweichungen der Respirationscurven sich nicht nur bei jedem Emphysematiker — und gerade an solchen liefert das hiesige Krankenhaus ein reiches Beobachtungsmaterial — stets ergeben, um auch zu zeigen, dass an den verschiedenen Stellen des Thorax die wichtigsten der eben erwähnten Charactere sich stets wiederfinden, schalte ich hier einige Doppelcurven von Emphysematikern ein.

Der Kranke, von dem die Doppelcurve Figur 1 Tafel VI gewonnen ist, ist ein 70jähriger Taglöhner von noch ziemlich gutem Aussehen und guter Ernährung. Der Grad seines Emphysems war nur ein geringer.

Bezüglich dieser wie aller hier mitgetheilten Doppelcurven muss ich erwähnen, dass dieselben in diesen Blättern stets unmittelbar in einander gezeichnet sind. Ich habe bei Beschreibung meines Doppelstethographen erwähnt, dass die Curven in der Art dargestellt werden, dass die eine auf der einen, die andere auf der anderen Seite des Papierstreifens gezeichnet wird.

Man kann sich demnach sehr leicht und in höchst übersichtlicher Weise überzeugen, wie in jedem einzelnen Zeitmomente die Bewegung der beiden gerade der Untersuchung dienenden Punkte sich verhält, ob die Curvengipfel genau zusammenfallen und dergleichen mehr. Man hat dort nur nöthig, den Papierstreifen gegen die Helle zu halten, um die beiderseitig ge-

zeichneten Curven unmittelbar mit einander vergleichen zu können. Bei der Wiedergabe dieser Doppelcurven ist es natürlich nicht möglich, die eine Curve auf der einen, die andere auf der zweiten Seite des Papieres darzustellen. Sie sind darum hier unmittelbar in einander gezeichnet, so dass man genau denselben Eindruck und dasselbe Bild erhält, das man bei Betrachtung der Originalcurven gewinnt, wenn man den Papierstreifen gegen die Helle hält.

Die grössere dieser in Figur 1 Tafel VI dargestellten Curven entspricht der Zwerchfellbewegung. Dieselbe ist im Epigastrium aufgenommen und ist mit derselben Vergrösserung gezeichnet, wie die zweite kleinere Curve, die die Bewegungen des manubrium sterni darstellt. Die Excursionen dieser beiden Thoraxabschnitte sind demnach genau in ihren relativen Grössenverhältnissen wiedergegeben.

An beiden Curven zeigt sich auf's Schönste das früher erwähnte Missverhältniss zwischen der Dauer der In- und der der zugehörigen Exspiration. Auch an diesen beiden Stellen zeigt sich auf's Deutlichste wieder, wie die Geschwindigkeit in den Anfangszeiten der Exspiration noch relativ gross ist, wie sie im weiteren Verlaufe der Exspiration mehr und mehr abnimmt und wie sie eine sehr beträchtliche und die beträchtlichste Abnahme gegen Ende der Exspiration erfährt. So wiederholt sich denn an jedem Punkte die gleiche characteristische Abweichung von dem normalen Verhalten.

Bei genauerer Betrachtung mancher solcher Doppelcurven sieht man, dass die eine derselben um ein ganz geringes Zeitmoment verspätet im Vergleiche zur andern beginnt und um ein Geringes verspätet ihren Gipfelpunkt erreicht. Diese Erscheinung wird, wie ich an früherer Stelle hervorgehoben habe, bereits unter normalen Verhältnissen zuweilen, wenn auch äusserst selten, beobachtet; ist dieselbe darum für das Emphysem auch nicht geradezu characteristisch, so sind doch hier die Bedingungen für das häufigere Zustandekommen dieser Erscheinung besonders günstige. Zumal in Fällen, in denen die Zwerchfellbewegung weitaus gegen die Bewegungen der Rippen überwiegt, wird dann nicht ganz selten eine etwas verspätete Bewegung der oberen Thoraxabschnitte beobachtet; ein weiteres

begünstigendes Moment ist dann ferner in der dem höheren Lebensalter zukommenden starren Beschaffenheit der Thoraxwandungen gelegen. In manchen Fällen kann man sich bei einiger Uebung schon durch die directe Betrachtung überzeugen, wie zuerst in Folge der Zwerchfellcontraction das Epigastrium sich hervorwölbt und dieser Bewegung dann erst nach einem ganz kurzen Zeitintervalle die anderer Stellen und insbesondere der oberen Thoraxparthieen folgt. In den einzelnen Fällen wechseln diese Erscheinungen insoferne, als in dem einen Falle diese, in einem anderen jene Stelle als verspätet in ihrer Bewegung sich zeigt. In den nachfolgenden Curven von Emphysematikern sind einige derartige Beispiele einer geringen Verspätung der Bewegungen des einen Punktes gegenüber einem zweiten enthalten.

Endlich erwähne ich, dass in vielen Fällen selbst eine eigentliche Respirationspause am Ende je einer Athmung beobachtet wird. Insbesondere an solchen Stellen sind sie bei dieser stark verlängerten Exspiration dann häufig zu beobachten, die im Ganzen nur eine äusserst geringe Verschiebung erfahren. Wir haben darum hier häufig Gelegenheit, die Erscheinung zu beobachten, dass einzelne Thoraxstellen noch eine wenn auch verlangsamte Bewegung erfahren, während andere bereits am Ende ihrer Thätigkeit angelangt sind und einen wirklichen Ruhepunkt darstellen.

Aber selbst an Stellen, deren Bewegung vom Hause aus eine beträchtliche ist, wie in der regio epigastrica, begegnen wir hier nicht ganz selten einer wenn auch meistens nicht lange dauernden Respirationspause.

Um noch einen weiteren Ueberblick über die bei der vorliegenden Erkrankung vorkommenden Curvenformen zu geben, schalte ich endlich noch die Figuren Nr. 2, 3 und 4 Tafel VI ein.

In Curve Nr. 2, die gleichfalls eine Doppelcurve darstellt und die nur einen geringen Grad von Emphysem repräsentirt, stellt der eine der gemessenen Punkte die Bewegungen des manubrium sterni, der zweite die des processus ensiformis dar. Die früher bereits erwähnten Eigenthümlichkeiten beobachten wir auch hier wieder an dieser Doppelcurve. Während aber an der

vorigen Doppelcurve die Bewegungen des manubrium sterni und des Epigastriums noch annähernd gleichen Schritt hielten, sehen wir hier bereits beträchtliche Differenzen in der zeitlichen Folge dieser beiderseitigen Bewegungen. Insbesondere zeichnet sich die Curve des processus ensiformis, an der zugleich die Herzcontractionen sichtbar sind, durch grossen Wechsel der Form aus. Die Bewegungen beider Punkte beginnen auch hier von derselben Stelle des Papierstreifens aus. Trotzdem fallen die beiderseitigen Bewegungen keineswegs zusammen. Während das manubrium sterni inspiratorisch sich zu heben beginnt und während dasselbe einen Theil der inspiratorischen Wegstrecke zurücklegt, verharrt der processus ensiformis noch vollständig in Ruhe; die von ihm jetzt gezeichnete Linie stellt darum eine gerade dar. Am Ende dieser geraden Linie sehen wir sogar häufig noch einen kurz dauernden Abfall, der einer rasch sich wieder ausgleichenden Einziehung entspricht. Meistens erst dann, wenn das manubrium sterni einen grossen Theil seiner inspiratorischen Wegstrecke zurückgelegt hat, beginnt der processus ensiformis sich zu heben. Aber auch jetzt gleichen sich die Bewegungen beider nicht; der processus ensiformis hat noch seine ganze inspiratorische Wegstrecke zurückzulegen und um nun einigermassen wieder den Bewegungen des manubrium folgen zu können, legt er mit beschleunigter Geschwindigkeit seine inspiratorische Wegstrecke zurück. Darum wird seine Ascensionslinie eine steile, zum Theil fast gerade ansteigende. Auf solche Weise wird durch das plötzliche steile Ansteigen der Ascensionslinie des processus ensiformis, obwohl seine Erhebung viel später als die des manubrium sterni begonnen hat, ermöglicht, dass beide den Gipfelpunkt ihrer inspiratorischen Höhe wenn nicht ganz, so doch noch annähernd in demselben Zeitmomente erreichen. Aber auch jetzt noch halten die beiderseitigen Bewegungen nicht gleichen Schritt. Das manubrium sterni hat kaum seinen inspiratorischen Höhepunkt erreicht, so beginnt es auch bereits wieder abzufallen und in die nächstfolgende Exspiration überzugehen. Es zeigt kein Verharren auf der Inspiration, es zeigt keine inspiratorische Pause. Sofort wenn es auf dem Gipfel der inspiratorischen Höhe angelangt ist, beginnt bereits sein allmäliger Abfall. Anders

der processus ensiformis. Er hat noch lange in Ruhe verharrt, während das manubrium sterni bereits sich inspiratorisch erhob. Er zeigte, wie wir eben sahen, zu dieser Zeit eine Pause, eine Pause, für die ich, würde der Name „inspiratorische Pause" nicht in anderem Sinne allgemein gebräuchlich sein, diesen Namen wählen möchte. Denn zu eben dieser Zeit hatte die inspiratorische Erhebung anderer Stellen bereits längst begonnen und nur dieser eine Punkt war noch in Ruhe, zu einer Zeit, da alle anderen Punkte bereits inspiratorisch sich hoben. Dass diess im strengen Sinne des Wortes eine locale inspiratorische Pause darstellt, kann nicht bestritten werden; doch bezeichnen wir dieselbe, um Missverständnissen vorzubeugen, kurzweg mit dem Namen einer Pause. Auf der Höhe der Inspiration angekommen wendet aber der processus ensiformis nicht wie das manubrium sterni sich sofort zur Exspiration; er verharrt auf seiner Höhe, er zeigt auf's Schönste das, was man mit dem Namen der inspiratorischen Pause belegt hat, denjenigen Zustand, der das Verharren der Inspiration auf der erreichten Höhe darstellt. Diese inspiratorische Pause, um sie mit dem allgemein adoptirten Namen zu benennen, währt indess nur kurze Zeit und nun wendet auch dieser Punkt sich der Exspiration zu. Aber auch jetzt noch hält er nicht gleichen Schritt mit der Bewegung des manubrium sterni. Den ersten Theil der exspiratorischen Wegstrecke legt er mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit zurück, einer Geschwindigkeit, die weitaus die des manubrium sterni in jeglichem Zeitmomente übertrifft, die aber eine Analogie findet in der Geschwindigkeit, mit der er, da er verspätet seine inspiratorische Wegstrecke begann, diese zurücklegte. Wie seine Ascensionslinie eine steile war und eine steilere, als die des manubrium sterni in ihrer ganzen Wegstrecke, so nun auch sein Abfall für den ersten Theil des exspiratorischen Weges. Dann aber ändert sich plötzlich seine Geschwindigkeit, sie wird eine geringere und der übrige Theil des Weges wird in langsamerem Tempo, das nur gegen das Ende noch zuweilen eine kurze Zunahme erfährt, zurückgelegt. So ermöglicht er es, obgleich er, wie den inspiratorischen Weg, so nun auch den exspiratorischen verspätet anzutreten begann, dass er dennoch früher das Ziel erreicht. Darnach reiht sich

die Pause an, die lange noch währt, da die anderen Theile längst das Spiel von Neuem begonnen haben.

Die vorstehende Doppelcurve enthält eine Reihe von Eigenthümlichkeiten, die vielleicht geeignet sein mögen, die Vorzüge dieser Methode des Doppelschreibens zu zeigen. Wie ich an früherer Stelle bereits erwähnt habe, ist man noch nicht berechtigt, aus dem Vorhandensein einer Pause an einer Stelle auf eine Pause im Allgemeinen zu schliessen. Die voranstehende Curve zeigt, dass, während an einer Stelle und wie ich gleich hinzufügen kann, an den meisten, die Bewegungen in auf- und absteigender Richtung continuirlich andauern, gerade dieser eine Punkt wiederholt Pausen einschaltet.

Ich unterlasse es hier noch weitere Curven dieses Kranken mitzutheilen, um zu zeigen, dass das Ineinandergreifen fast aller Punkte gleichzeitig erfolgte. Insbesondere gilt diess für die beiden Seitenhälften, zumal correspondirende Punkte. Dass pathologisch auch hiervon Abweichungen vorkommen können, werden wir später noch zu sehen Gelegenheit haben.

Dass die zuletzt hier aufgezählten Eigenthümlichkeiten keine direct dem Emphysem zukommenden sind, geht am besten daraus hervor, dass ähnliche Erscheinungen wenn auch höchst selten unter relativ normalen Verhältnissen beobachtet werden, wie wir bereits früher an einem derartigen Beispiele gesehen haben. Der strengen Norm entspricht indess ein solches Verhalten nicht.

Das continuirliche Verspätetsein eines Thoraxabschnittes ist darum in gewissem Sinne als ein pathologisches Zeichen aufzufassen. Zumal bei Emphysematikern werden wir an einzelnen Thoraxabschnitten nicht selten eine verspätete Bewegung erhalten, während andere Theile bereits kräftig agiren. Man kann darum aus der verminderten, insbesondere aber aus der continuirlich verspäteten Bewegung eines Thoraxabschnittes auf die verminderte Ausdehnbarkeit oder wenigstens verminderte und erschwerte Ausdehnung gerade dieser Stellen einen Schluss ziehen.

Endlich aber zeigt auch diese Curve trotz der Pausen, trotz der verspäteten Bewegungen stets noch das Missverhältniss zwischen Inspirations- und Exspirationsdauer; auch

jetzt noch lassen sich eine Reihe von für das Emphysem characteristischen Eigenschaften erkennen, auf deren Aufzählung nochmals einzugehen wohl unnöthig erscheinen dürfte.

Betrachten wir im Gegensatze hierzu die Doppelcurve Nr. 3 Tafel VI. Dieselbe stellt gleichfalls die gleichzeitigen Bewegungen des manubrium sterni und des processus ensiformis dar. Sie entstammt einem 27jährigen Manne, der schon seit frühester Jugend an einem mässigen Grade von Emphysem litt und bei dem hereditäre Momente mit Sicherheit nachweisbar waren. Der Thorax zeigte in vollständiger Weise die bekannten dem Emphysem zukommenden Formveränderungen; die Athmung zeigte sich kaum sehr wesentlich gestört.

Die Curve des manubrium sterni zeigt in der Hauptsache dieselben Eigenthümlichkeiten, die wir bereits oben bei Betrachtung des vorhergehenden Falles kennen gelernt haben. Auch hier lässt sich sehr deutlich die verlängerte Exspiration erkennen, wie sich auch hier wieder die beträchtliche Verminderung der momentanen Geschwindigkeit am letzten Theile des exspiratorischen Curvenschenkels zeigt. Dagegen ist die Form der Curve des processus ensiformis eine wesentlich andere, als die des manubrium sterni, aber auch wieder eine wesentlich andere, als die des processus ensiformis des vorhergehenden Falles. Die Bewegungen erfolgen hier kaum wesentlich verspätet, dagegen zeigt der absteigende Schenkel, der der Exspiration entspricht, eine wesentlich andere Krümmungslinie, als das früher erwähnte Beispiel und als das manubrium sterni.

Die Curve der Exspiration zeigt hier zumal im Beginne eine starke Convexität nach oben, während das manubrium sterni umgekehrt eine solche nach abwärts zeigt. Ein Theil dieser Erscheinung ist allerdings darin begründet, dass hier die Athmungscurve noch von Pulsationen unterbrochen wird. Eine besondere Beachtung verdient aber auch hier wieder das Vorkommen einer den oberen Culminationspunkt ersetzenden, der Abscissenachse parallelen Linie. Diese Stelle zeigt darum die Erscheinung einer kurzen inspiratorischen Pause, während die Exspiration ohne eine Pause in die nächstfolgende Inspiration übergeht. Die am Ende der Exspiration zuweilen

vorkommenden geraden Linien können, da hier Pulsationen mit in Betracht kommen, bei der Kürze dieser Linien wenigstens nicht mit Sicherheit als Pausen gedeutet werden.

Aber — und diess erscheint als wichtigster Punkt in der vorliegenden Frage — stets, selbst an den der Messung ungünstigsten Stellen, ist die beträchtliche Verlängerung der Exspiration noch an jeder Emphysemcurve erhalten und wird gerade diese letztere stets dem Grade der durch den Ausfall eines Theiles der exspiratorischen Kräfte bedingten Functionsstörung parallel gehen.

Aehnliche Verhältnisse stellt die Doppelcurve Figur 4 Tafel VI dar. Dieselbe stammt von einem 53 Jahre alten Dienstknechte; die grössere Curve stellt die Excursionen des Zwerchfells, die kleinere die des manubrium sterni dar. In beiden zeigen sich die früher erwähnten Charactere der Emphysemcurven auf's Schönste, so dass eine genauere Ausführung dieser Verhältnisse nunmehr unnöthig erscheint.

Im Anschlusse an die voranstehenden Betrachtungen erübrigt es, noch einige Worte über das graphische Verhalten des chronischen Katarrhs anzufügen. Wie der chronische Katarrh, zumal der kleineren Bronchien, eine häufige Entstehungsursache des Emphysems darstellt, so ist derselbe auch ein äusserst häufiger, ja fast constanter Begleiter desselben.

Es kann kein Zweifel bestehen, dass solche chronische Katarrhe, zumal der kleineren Bronchien, eine Reihe von Folgeerscheinungen mit dem Emphysem gemein haben. Das Respirationshinderniss, das durch diese gesetzt wird, befindet sich, wenn nicht in den letzten Endverzweigungen der Lunge, so doch unmittelbar vor diesen und es mag darum mit einem gewissen Rechte auch der chronische Katarrh der kleineren Bronchien den Verengerungen der grossen Luftwege entgegengestellt werden. Ein derartiger chronischer Katarrh wird, je mehr er sich auf die feineren Bronchien erstreckt, um so mehr ein Hinderniss für den Austritt der Luft und damit in analoger Weise wie das Emphysem ein exspiratorisches Hinderniss her-

vorrufen. Setzen solche Katarrhe wenigstens bei einer gewissen Intensität auch dem Eintritte der Luft ein Hinderniss entgegen, so ist doch in weit höherem Maasse der Austritt derselben gehemmt. Wir können darum schon von vorneherein erwarten, dass intensive Katarrhe der kleineren Bronchien die früher erwähnten Erscheinungen des Emphysems noch zu steigern im Stande sind und die graphische Untersuchung bestätigt diess in vollstem Maasse, insoferne sie zeigt, dass mit der Zu- und Abnahme der katarrhalischen Erscheinungen auch eine Zu- und Abnahme des exspiratorischen Hindernisses sich nachweisen lässt.

Wie aber das Emphysem eine weitere Reihe von Eigenthümlichkeiten zeigt, die sich verschieden je nach dem hauptsächlichsten Sitze der erweiterten Stellen, nach dem Grade der Erweiterung und dergleichen mehr gestalten, so bedingt auch der chronische Katarrh noch eine weitere Reihe von Eigenthümlichkeiten, die gleichfalls in das Bereich der graphischen Untersuchungsmethode gehören.

Wie früher erwähnt, kann beim Emphysem an den am meisten afficirten Stellen, an Stellen, an denen bereits eine beträchtliche Ausdehnung der Lungenalveolen stattgefunden hat, eine stärkere inspiratorische Erweiterung nicht mehr erfolgen und muss es darum zu einer stärkeren Belastung anderer Thoraxabschnitte kommen.

Ganz Aehnliches bewirkt der chronische Katarrh der kleineren Bronchien. Die grossen Luftwege stellen hier dem Einströmen der Luft durchaus kein Hinderniss in den Weg; anders an den Endverzweigungen, den feineren Bronchien; wenn die inspiratorischen Muskelkräfte mit Gewalt den Thorax erweitern, dann ist die Luft durch den dort angesammelten Schleim gehindert, rasch hindurchzudringen.

Wie bekannt, sind die untersten Lungenabschnitte der häufigste Sitz des chronischen Katarrhs. Wird darum jetzt der Thorax durch die Kraft der Inspirationsmuskeln rasch erweitert, dann kann die Luft wohl leicht in die grossen Luftwege und in die oberen Thoraxparthieen einströmen; dagegen werden die kleineren Bronchien der unteren Abschnitte dem Einströmen der Luft ein Hinderniss entgegenstellen und so

müssen die oberen Thoraxabschnitte sich stärker erweitern, die unteren Abschnitte, deren Bronchien mehr oder minder durch Schleim verstopft sind, werden eine verminderte oder unter Umständen selbst verspätete Bewegung erfahren. So zeigt uns denn auch die graphische Untersuchung bei diesen Formen des Katarrhs nicht selten ein derartiges Bild, für das bereits in den obigen Beispielen Andeutungen enthalten sind.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse im höheren Lebensalter dann, wenn die Rippenknorpel verknöchert sind und der Thorax seine frühere Elasticität mehr oder minder eingebüsst hat. Hier sind bekanntermassen die Bewegungen der Rippen beträchtlich reducirt und dementsprechend wird die Athmung im höheren Lebensalter eine vorwiegend diaphragmale. Dann ist allerdings eine stärkere Erweiterung der oberen Thoraxabschnitte nicht mehr möglich und es kann darum auch bei derartigen chronischen Katarrhen die Luft nicht mit solcher Leichtigkeit in die oberen Thoraxabschnitte einströmen, dass diese etwa vicariirend die verminderte Thätigkeit der unteren Abschnitte noch auf sich zu nehmen vermöchten. Hier ist die einzige nachgiebige Stelle etwa noch die untere Apertur des Thorax.

Auch bei dem Greise, der an chronischem Katarrh der kleineren Bronchien leidet, ist das Respirationshinderniss das gleiche, auch hier kann die Luft am schwersten wegen der durch die kleinen Bronchien gesetzten Hindernisse in die untersten Abschnitte einströmen. Wenn wir in diesen Fällen jenes oben berührte Missverhältniss nicht in gleicher Häufigkeit beobachten, dann ist der letzte Grund zunächst in dem Verluste der Nachgiebigkeit der Thoraxwandungen zu suchen. Er ist es im Vereine mit dem in den kleinen Bronchien gegebenen Hindernisse, die bewirken, dass die Luft nur allmälig und langsam einströmen kann; eine gewisse Raschheit und Energie der inspiratorischen Muskelthätigkeit ist aber nöthig, damit diese ungleichmässige Erweiterung sich deutlicher geltend mache. Dass durch längere Dauer des respiratorischen Actes schliesslich der gleiche Effect erreicht werden kann, ohne dass es dann zu einer beträchtlicheren Luftverdünnung einzelner Stellen und damit zu einer stärkeren ungleichmässigen

Vertheilung des Druckes zu kommen braucht, scheint eines weiteren Beweises nicht mehr bedürftig.

So mag sich vielleicht erklären, dass im höheren Lebensalter die gleiche Krankheit die eben erwähnten geringen Differenzen zeigt. In längerer Frist kann hier nur erreicht werden, was in einer früheren Lebensperiode der vermehrten Kraft gelang.

Indem aber der chronische Katarrh der unteren Thoraxabschnitte unter Umständen eine stärkere Belastung der oberen erzeugt, wie uns die graphische Methode auf's Schönste zeigt, indem sie in dieser Periode nicht ganz selten eine vermehrte Excursion der oberen Abschnitte gegenüber den tiefer gelegenen nachweist, muss derselbe günstige Bedingungen zur Entstehung des Emphysems der oberen Abschnitte erzeugen. Der Thorax muss dann allmälig in seinen oberen Abschnitten erweitert werden und wird so allmälig selbst eine Abnahme der Erweiterungsfähigkeit dieser Stellen erfahren können. Im höheren Lebensalter, wenn der Thorax seine Elasticität mehr oder minder eingebüsst hat, wenn die Rippenknorpel längst verknöchert sind, ist dadurch schon eine Grenze dieser übermässigen Belastung der oberen Abschnitte gesetzt.

Die Ausdehnungsfähigkeit der oberen Abschnitte zeigt sich dann beschränkt, um so mehr als die Kraft der Inspirationsmuskeln eine verminderte ist. Darum wird hier durch einen chronischen Katarrh der unteren kleineren Bronchien nicht die gleiche Belastung der oberen Thoraxabschnitte gesetzt, es können nicht in vicariirender Weise die oberen Abschnitte durch vermehrte Aufnahme von Luft den durch die Verstopfung der kleinen Bronchien erzeugten Ausfall ersetzen; dementsprechend wird durch längere Arbeit hier das Gleiche wie dort durch vermehrte Kraft zu erreichen gesucht.

Das eben Erwähnte hat nur Geltung für die gewöhnlichste und häufigste Form des chronischen Katarrhs, wie derselbe einerseits ein so häufiger Begleiter des Emphysems, anderseits die häufigste Ursache desselben, da er insbesondere auch die für die Entstehung des Emphysems so wichtigen Hustenstösse veranlasst, darstellt. Dass auch hier je nach dem Sitze, je nach der Intensität und Ausbreitung des Katarrhs die

Mechanik der Respirationsbewegungen in mannichfaltiger Störung sich ergehen kann, dürfte nach alledem leicht verständlich sein.

Wenn ich an früherer Stelle für diese Formen von Respirationshindernissen erwähnt habe, dass bereits mittelst der Methode der einfachen graphischen Messung die wichtigeren Verhältnisse erkennbar seien, dann mag die vorstehende Betrachtung auch für diese die Vorzüge einer vergleichenden Messung verschiedener Thoraxpunkte zu zeigen geeignet sein. Ich unterlasse es, für die eben erörterten Verhältnisse weitere Curven einzuschalten, da nur aus der Betrachtung einer grösseren Reihe von Curven sich dieses gestörte Grössenverhältniss erkennen lässt.

Dass aber eine vergleichende Messung verschiedener Thoraxpunkte zur genaueren Erkennung der Abweichung der Athmungsmechanik in anderen Respirationskrankheiten nicht nur nützlich, sondern durchaus nothwendig ist, mag die Betrachtung der nachfolgenden Respirationskrankheiten lehren.

Einseitige Erkrankungen der Respirationsorgane.

Die vorstehende Bezeichnung bedarf insoferne einer Erläuterung, als die in dem nun folgenden Theile zu besprechenden Respirationskrankheiten keineswegs den gemeinsamen Character an sich tragen, stets nur eine Thoraxhälfte oder eine Lunge zu befallen. Wenn ich trotzdem die oben angeführte Bezeichnung für diese Krankheitsgruppe wähle, dann geschieht diess einestheils mit Rücksicht auf die stethographische Untersuchung, anderntheils im Gegensatze zu den bis jetzt betrachteten Krankheitsgruppen.

Als gemeinsamer Grundzug der beiden in den vorhergehenden Blättern erörterten Krankheitsgruppen muss es betrachtet werden, dass sich ihre Folgen für den Athmungsmechanismus in gleicher Weise auf beide Lungen und Thoraxhälften erstrecken. Mag eine Verengerung der grossen Luftwege bis zur Theilungsstelle der Trachea wodurch immer bedingt sein, mag sie einen Grad zeigen, welcher immer es auch sei, die Folgen, die hieraus für den Athmungsmechanismus resultiren, werden, so verschiedengestaltig sie auch sein können, stets auf beide Lungen in gleicher Weise und in gleicher Intensität sich erstrecken, es muss dieselbe Störung des Mechanismus, die sich auf der rechten Thoraxhälfte ergibt, sich in gleicher Weise für die linke ergeben.

Das Gleiche gilt für die zweite Krankheitsgruppe, die wir mit dem Namen der Krankheiten der exspiratorischen Dyspnoë

bezeichnet haben. Auch hier wird, mindestens in der Mehrzahl der Fälle, da fast stets beide Lungen in annähernd gleicher Intensität befallen werden, der Athmungsmechanismus beider Lungen in annähernd gleicher Weise gestört sein.

Anders bei der jetzt zu betrachtenden Gruppe von Krankheiten. Die Mehrzahl dieser Krankheiten hat die Eigenthümlichkeit, in der Regel nur die eine Lunge oder die eine Thoraxhälfte zu befallen, so die Pleuritis, die Pneumonie, der Pneumothorax und dergleichen Krankheiten mehr. Es werden darum die Folgen, die aus diesen krankhaften Störungen für den Athmungsmechanismus erwachsen, zunächst auf der Seite der Erkrankung sich geltend machen, während die intact gebliebene Seite keine oder höchstens nur unbedeutende und secundäre Veränderungen ihres Athmungsmechanismus erfahren wird.

Für die graphische Untersuchung der Athembewegungen handelt es sich desshalb bei dieser Gruppe von Krankheiten nicht sowohl darum, bestimmte Typen der gestörten Athmungsform, die etwa irgend wie für die betreffende Krankheit characteristisch sein würden, aufzufinden. Denn schon von vorneherein dürfte sich kaum anders erwarten lassen, als dass sich solche nicht in analoger Weise, wie für die früheren Krankheitsgruppen, so auch jetzt für diese finden lassen werden.

Handelt es sich doch hier nicht wie dort darum, dass etwa diese oder jene Kraft der gesammten Inspiration oder Exspiration entfällt; hier fällt ein mehr oder minder grosser Theil der athmenden Fläche einer Seite für den Respirationsact aus und es muss dieser Ausfall sich eben sowohl für die In- wie für die Exspiration geltend machen. Ich habe darum auch an früherer Stelle diese Krankheitsgruppe im Gegensatze zu den bisher betrachteten mit dem Namen „Krankheiten gemischter Dyspnoë“ bezeichnet.

Dagegen muss nun, wenn auf der einen Seite des Thorax noch ganz normale Verhältnisse obwalten, während auf der anderen ein Theil des Athmungsapparates mehr oder minder in seiner Function gestört ist, eine Differenz dieser beiden Seiten sich ergeben.

Darum kommen auch diejenigen Fälle, in denen etwa eine dieser Affectionen einmal doppelseitig beobachtet wird, für uns jetzt weiter gar nicht in Betracht. Gerade durch die Möglichkeit, bei dieser Krankheitsgruppe stets jede Stelle der gesunden Seite mit der correspondirenden der kranken Seite zu vergleichen, ist die vorliegende Krankheitsgruppe ganz besonders zur graphischen Untersuchung geeignet. Darum lässt sich schon von vorneherein annehmen, dass man hier nicht nur sich von dem Vorhandensein einer Differenz des beiderseitigen Mechanismus wird überzeugen können; es lässt sich auch vermuthen, dass es bis zu einem gewissen Grade gelingen werde, sich Rechenschaft wie über die Intensität so über den Grad der Ausdehnung der krankhaften Störungen zu geben, wenn auch erwartet werden muss, dass eine Reihe von vom anatomischen Standpunkte aus differenten Krankheitsprocessen vom mechanischen Standpunkte aus gleiche Verhältnisse bieten werden. So mag von vorneherein der Werth der gleichzeitigen Messung correspondirender Stellen für die nun zu betrachtende Krankheitsgruppe ersichtlich sein und auch die oben gewählte Bezeichnung ihre Berechtigung finden.

VIII.

Pleuritis.

Unter den Flüssigkeitsergüssen in die Pleurahöhle hat man bekanntermassen seit Langem zwei verschiedene Arten, entzündliche und nicht entzündliche unterschieden, Exsudate und Transsudate. Wenn ich in den folgenden Zeilen nur die stethographischen Resultate der ersteren genauer erwähne, dann veranlasst mich hiezu zunächst der Umstand, dass beide, wenigstens in bestimmten Stadien und unter bestimmten Voraussetzungen, fast die gleichen Rückwirkungen auf den Mechanismus der betreffenden Thoraxhälfte haben müssen. Anderntheils haben die Transsudate entsprechend dem Umstande, dass die sie hervorrufende Ursache meistens die Neigung zu weiteren wässrigen Ausscheidungen erzeugt, die Eigenthümlichkeit, beide Seiten gleichzeitig zu afficiren und auch in andere Körperhöhlen die gleichen Ausscheidungen zu setzen, so dass ein Vergleich mit den normalen Verhältnissen nicht mehr möglich ist. Gerade in diesem direkten Vergleiche der gesunden mit der kranken Seite ist aber die Möglichkeit gegeben, auf stethographischem Wege eine Summe von Veränderungen zu ermitteln, die anderen Hülfsmitteln nicht zugänglich sind.

Wir werden darum hier nur die eigentliche Pleuritis und zwar die einseitige zum Gegenstande unserer Untersuchung machen. Aber auch hier müssen sich verschiedene Resultate je nach den einzelnen Stadien, je nach den localen Verhältnissen ergeben. So müssen die stethographischen Resultate wesentlich andere sein, je nachdem es sich um eine Pleuritis sicca oder exsudativa handelt. Wieder anders müssen die Resultate sein, wenn ein grösserer oder kleinerer Flüssigkeits-

erguss vorhanden ist, je nachdem derselbe frei erfolgt ist oder in einen durch Pleuraadhäsionen abgesackten Raum. Endlich müssen auch die Verwachsungen der Pleurablätter sehr verschiedene Folgen für den Athmungsmechanismus haben, je nachdem sie total oder partial sind, je nachdem sie diese oder jene Stelle betreffen, je nachdem die Verwachsung mit einer Schrumpfung des Lungenparenchyms verbunden ist oder nicht. Es lässt sich darum schon von vorneherein erwarten, dass die bei den verschiedenen Formen der Pleuritis zu erhaltenden Resultate äusserst verschiedene sein werden. Meine eigenen Beobachtungen sind trotz der grossen Zahl der von mir angestellten Untersuchungen noch nicht zahlreich genug, um hier bereits einen gewissen Abschluss aller dieser Fragen zu ermöglichen. Ich behalte mir vor, auf Grund fernerer Untersuchungen später weitere Mittheilungen zu machen. Schon der Umstand, dass nur wenige der hierher gehörigen Fälle, die mir zur Untersuchung dienten, im weiteren Verlaufe zur Obduction kamen, macht es unmöglich, bereits jetzt sichere Regeln aufzustellen. Ohne controllirende Leichenuntersuchungen dürften aber eine Anzahl feinerer Differenzen nicht mit der nöthigen Sicherheit festgestellt werden können. Ich erinnere beispielsweise nur daran, wie schwierig es oft ist, mittelst der bis jetzt gebräuchlichen Untersuchungsmethoden circumscripte Pleuraverwachsungen zu erkennen. Auf solche geringe Pleuraverwachsungen hat man bis jetzt kaum irgend welche Bedeutung gelegt und doch kann, wie *Donders*[1]) in klarster Weise gezeigt hat, kein Zweifel sein, dass sie je nach ihrem Sitze von sehr verschiedenem und oft nicht ganz unbeträchtlichem Einflusse auf den Respirationsmechanismus sind. Darum müssen sie auch unter Umständen mit verfeinerten physicalischen Hülfsmitteln eruirbar sein.

Die folgenden Mittheilungen mögen darum nur an einigen Beispielen einzelne und zwar die wichtigsten und häufigsten der hier zur Beobachtung kommenden Veränderungen zeigen.

Wie bekannt, ist die Pleuritis, zumal in ihrem ersten Stadium, in dem noch kein Flüssigkeitserguss vorhanden ist,

[1]) l. c.

häufig mit mehr oder minder heftigen Schmerzen im Bereiche der afficirten Seite oder Stelle verbunden. Obwohl ich keinen Kranken in diesem Stadium untersucht habe, weil die Untersuchung um der Schmerzhaftigkeit willen mit allzu grossen Schwierigkeiten verbunden sein möchte, so dürfte die Annahme, dass nicht selten schon in diesem Stadium eine geringe Verminderung der Excursionsgrösse der betreffenden Stelle oder selbst eines grösseren Thoraxabschnittes zur Beobachtung kommen dürfte, dennoch einige Wahrscheinlichkeit haben.

Ich habe bereits früher erwähnt, dass es Individuen gibt, die in der Art zu athmen im Stande sind, dass sie abwechselnd bald mehr die eine, bald mehr die andere Thoraxhälfte zu erweitern vermögen. Es dürfte sich schon darum erwarten lassen, dass viele solcher Kranken mit möglichster Schonung der kranken Seite zu athmen bestrebt sein werden. Stets aber zeigt sich in diesem Stadium die gesammte Athembewegung als eine verkürzte und oberflächliche.

Für das Studium der Athembewegungen, wie sie unter dem Einflusse eines grösseren pleuritischen Exsudates sich gestalten, muss es vom mechanischen Standpunkte aus gleichgültig erscheinen, welcher Natur der in die Pleurahöhle gesetzte Flüssigkeitserguss ist. Ob der Erguss ein rein seröser oder ein hämorrhagischer oder ein purulenter sei, das wird für die Mechanik der Athembewegung keinen wesentlichen Einfluss haben. Von viel grösserer Bedeutung für die mechanischen Verhältnisse wird dagegen die Menge der in die Pleurahöhle ergossenen Flüssigkeit sein. Schon von vorneherein muss erwartet werden, dass die Grösse des Exsudates nicht nur die Form des Thorax, die uns hier nicht weiter beschäftigt, sondern auch die Art und Weise seiner Bewegung, wie die Betheiligung der einzelnen Thoraxabschnitte an dem Acte der inspiratorischen Erweiterung beeinflussen wird.

Setzen wir den Fall, dass der Flüssigkeitserguss frei in die Pleurahöhle erfolgt, so wird sich die Flüssigkeit zunächst in den hintersten untersten Abschnitten des Pleurasackes ansammeln müssen und in dem Maasse, als sie eine weitere Zu-

nahme erfährt, sich allmälig nach oben ausbreiten. Es wird auf solche Weise ein mehr oder minder grosser Abschnitt des Lungenparenchyms und zwar der Basis comprimirt und eine gewisse Druckwirkung auf die Zwerchfellhälfte dieser Seite ausgeübt werden. Das Zwerchfell wird entsprechend der Menge des Exsudates nach abwärts gedrängt, verliert mehr und mehr seine Wölbung und verdrängt in gleichem Maasse die unter ihm gelegenen Organe. Dieser tiefere Stand des Zwerchfells und der nun auf ihm lastende höhere Druck bewirken, dass es jetzt bei der inspiratorischen Erweiterung des Thorax nicht mehr in gleichem Maasse wie früher activ thätig sein kann, seine inspiratorische Verschiebung muss jetzt eine geringere, als in der Norm, eine geringere, als auf der correspondirenden Hälfte der gesunden Seite sein. Dazu addirt sich als zweiter Factor, dass der unterste Theil des Lungenparenchyms, der unmittelbar an den Erguss angrenzt, sich im Zustande der Atelectase befindet und für den Act der Athmung entfällt.

Es resultirt daraus, dass die Längsverschiebung des Thorax auf der Seite des Ergusses eine verminderte sein muss. Auf graphischem Wege lässt sich darum bei solchen nur geringen Flüssigkeitsergüssen einer Pleurahöhle zwar an den oberen Rippen keine verminderte Bewegung nachweisen, wohl aber an denjenigen Stellen, die mit der Thätigkeit des Zwerchfells correspondiren; sie zeigen in diesen Fällen bereits eine verminderte Bewegung im Vergleiche zur gesunden Seite.

Indess scheinen die Verhältnisse doch nicht stets so einfach gelagert zu sein, wofür mir zwei Fälle meiner Beobachtung, in denen es sich um einen nur geringen Flüssigkeitserguss handelte, zu sprechen scheinen. Es zeigte sich nämlich in diesen beiden Fällen an den höher oben gelegenen Thoraxabschnitten eine etwas verstärkte costale Verschiebung, eine stärkere Erweiterung dieser Stellen bei der Inspiration.

Mir scheint, dass auch diese Erscheinung nicht etwa eine durch mir unbekannt gebliebene andere Momente bedingte war, sondern dass sie in einen directen ursächlichen Zusammenhang mit dem geringen Flüssigkeitsergusse gebracht werden muss.

Wie bekannt, sind wir willkürlich im Stande, bald mehr costal, bald mehr diaphragmal zu athmen; es gibt aber auch Zustände, in denen in Folge pathologischer Vorgänge nur nach der einen dieser Richtungen hin mehr noch eine stärkere Verschiebung möglich ist, so z. B. beim Katarrh der kleinen Bronchien der unteren Lungenabschnitte. Wenn hier die Inspirationsmuskeln mit Gewalt den Thorax erweitern, so muss, da die Luft in die unteren Thoraxabschnitte wegen des in den kleineren Bronchien angehäuften Schleimes schwer eindringen kann, dieselbe vorzugsweise in die oberen Thoraxabschnitte gelangen; die unteren Abschnitte werden, wie wir früher gesehen haben, hier weniger erweitert, die oberen Parthieen übermässig ausgedehnt. Das ist eine der nicht so seltenen Entstehungsursachen des Emphysems. Stets muss die Volumszunahme bei der Einathmung ausgefüllt werden und es werden diejenigen Lungenbläschen zunächst ausgedehnt, die dazu der geringsten Spannung bedürfen. Diese Spannung kann dennoch selbst so gross werden, dass sie zu einer emphysematösen Erweiterung dieser Theile führt. In analoger Weise dürfte sich aus dem eben erwähnten, von *Donders* zuerst genauer formulirten Gesetze die so häufig bei Pneumonieen beobachtete emphysematöse Erweiterung benachbarter Lungenabschnitte erklären lassen. Auch hier muss der mit der Inspiration neu geschaffene Raum in irgend einer Weise ausgefüllt werden und es muss darum in die noch freien Lungenabschnitte mit erhöhter Kraft Luft einströmen.

Etwas anders sind allerdings die Verhältnisse bei geringen Pleuraexsudaten gelagert. Hier entfällt bereits eine der inspiratorischen Kräfte theilweise, d. h. die Zugkraft des Zwerchfells ist nun, da es noch am Ende der Exspiration unter einem höheren Drucke als normal steht, eine verminderte. Gleichwohl scheint das Bestreben vorhanden zu sein, die annähernd gleiche Luftmenge aufzunehmen und es scheinen darum, wenn man so sagen darf, in vicariirender Weise die oberen Thoraxparthieen sich desto mehr an der inspiratorischen Erweiterung zu betheiligen.

Bei der Möglichkeit, bald mehr durch die Rippenverschiebung, bald mehr durch die Zwerchfellsaction eine Erweiterung

des Thorax zu erzeugen, kann es nicht befremden, dass, wenn nach einer Richtung hin die Verschiebung gehemmt wird, sie nach einer anderen hin eine mehr excessive wird.

Derartige Analogieen zeigen sich in verschiedenen pathologischen Zuständen, ein derartiges Verhalten zeigt sich insbesondere schon in der normalen Athmung der Weiber. Dieselben weiblichen Individuen geben verschiedene Resultate in Betreff der Bewegungsgrösse der einzelnen Abschnitte, je nachdem die Zwerchfellbewegung ungehindert von Statten geht und je nachdem durch die gebräuchliche Bekleidung die Action des Zwerchfells gehemmt wird. Stets ist in diesem letzteren Falle die Bewegungsgrösse der oberen Parthieen eine stärkere denn vorher und ich sehe darin einen weiteren Beweis für die Richtigkeit der früher aufgestellten Deutung der Differenzen im männlichen und weiblichen Respirationstypus.

Es lässt sich darum leicht annehmen, dass, wenn durch eine derartige immerhin noch geringe Flüssigkeitsansammlung die Verschiebung des Zwerchfells eine beschränkte geworden ist, die Bewegung nach anderen Richtungen, nach welchen hin ihr keine Hindernisse sich in den Weg stellen, in entsprechendem Maasse zunimmt. In wie weit diese Erscheinung bei kleinen Flüssigkeitsergüssen in die Pleurahöhle eine constante ist, vermag ich nicht zu bestimmen; indess scheint es mir nicht unwahrscheinlich, dass in den beiden angeführten Fällen, in denen ich dieses Verhalten beobachtete, dasselbe in der erwähnten Weise in einen directen Zusammenhang mit dem Ergusse zu bringen ist.

Dem eben erwähnten Verhalten entspricht es vollkommen, dass bei Ansammlung einer mässigen Menge seröser Flüssigkeit in beiden Pleurahöhlen die costale Verschiebung im Vergleiche zur Zwerchfellbewegung eine verstärkte wird. In gleicher Weise habe ich in einem Falle von doppelseitiger Pleuritis, in welchem die Menge des angesammelten Exsudates beiderseits nur eine mässige war, mich direct durch die Messung überzeugen können, dass hier der Respirationstypus nahezu eine völlige Umkehr vom normalen Verhalten zeigte. Es handelte sich um einen ziemlich kräftigen Mann, bei dem zuerst ein pleuritisches Exsudat der einen Seite und nach kurzer

Zeit ein solches der zweiten Seite aufgetreten war. Der Erguss erreichte beiderseits nur eine mässige Höhe; in diesem Falle zeigte sich ein Respirationstypus, der fast ganz dem weiblichen glich.

Anders müssen sich die Verhältnisse gestalten, wenn das Exsudat ein grösseres geworden ist. Hier kann von einer stärkeren Verschiebung der oberhalb gelegenen Lungenabschnitte nicht mehr die Rede sein. Aber auch dann ist meistens noch im Bereiche des Exsudates, selbst an ziemlich weit abwärts gelegenen Stellen eine gut messbare, wenn auch stets weit geringere Verschiebung als an höher gelegenen und als an den correspondirenden Stellen der gesunden Seite zu beobachten. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse verweise ich auf Doppelcurve Nr. 1 Tafel VII. Diesselbe entstammt einem 17jährigen ziemlich gracil gebauten Manne. Der Kranke kam mit einer rechtsseitigen Pleuropneumonie zur Aufnahme. Der Flüssigkeitserguss war zu dieser Zeit noch ein äusserst geringer. Die Pneumonie löste sich allerdings, wenn auch etwas verspätet; indess wuchs das Exsudat von nun an sehr rasch, bis es schliesslich bis zur ersten Rippe hinauf reichte. Zur Zeit, als die nachstehende Curve Figur 1 Tafel VII von dem Kranken aufgenommen wurde, war die obere vordere Grenze des Exsudates der untere Rand der zweiten rechten Rippe. Die Curven sind beiderseits in der Höhe des fünften Intercostalraumes aufgenommen. Die linksseitige (grössere) Curve zeigt im Allgemeinen normale Verhältnisse, nur ist die Athmung etwas beschleunigt, es sind ferner die Herzbewegungen hier besonders stark ausgeprägt, was bei der zu dieser Zeit beträchtlichen Abmagerung des Patienten, wie bei der Grösse des Exsudates nicht befremden kann. Im Uebrigen entsprechen die hier sich zeigenden Verhältnisse der Norm, insbesondere zeigt das Verhältniss zwischen der Dauer der Inspiration und der der Exspiration keine Abweichung.

Anders gestaltet sich die Athmung auf der Seite des Exsudates. Die hier gewonnene Curve zeigt als' solche betrachtet in ihrer Form keine Abweichung vom Normalen; im Vergleiche zur gesunden Seite ergibt sich, dass ihre Bewegung eine beträchtlich geringere ist. Dagegen zeigt das zeitliche

Verhältniss zwischen Inspiration und Exspiration sich auch hier nicht gestört; insbesondere ist endlich ein Verspätetsein der Bewegungen der rechten Seite gegenüber denen der gesunden Seite hier nicht zu constatiren. So liegt denn die einzige und wesentliche Differenz in der beträchtlichen Verminderung der inspiratorischen Erweiterung auf der Seite des Exsudates; dieselbe erscheint noch um ein Beträchtliches grösser an Stellen, die weiter nach aussen und unten gelegen sind.

Noch grösser erschienen indess die Differenzen nach einem weiteren Zeitraume von vier Wochen. Das Exsudat hatte inzwischen noch eine weitere Zunahme erfahren, so dass es jetzt bis fast zur Spitze reichte. Das Herz und Mediastinum waren noch weiter nach links verschoben, die Abmagerung hatte noch weitere Fortschritte gemacht. Die Bewegungsgrösse der ganzen rechten Thoraxhälfte zeigte sich noch beträchtlicher vermindert; die Verschiebung im Bereiche der früher erwähnten Stelle betrug jetzt fast nur die Hälfte der früheren Verschiebung. Während bei der früher erwähnten Untersuchung die Bewegungsgrösse der gesunden Seite zur kranken ungefähr sich verhielt wie 3 : 1, war jetzt das Verhältniss beider Seiten zu einander ungefähr wie 5 : 1. Diese beträchtliche Differenz gegen früher, die scheinbar nicht mit der mässigen Zunahme des leeren Schalles nach oben harmonirte, erklärt sich leicht aus der stärkeren Thoraxerweiterung nach allen Richtungen hin. Die Bestimmung der oberen Grenze durch die Percussion allein kann selbstverständlich über den Grad der Zunahme kein sicheres Urtheil gestatten.

Ich unterlasse hier weitere Curven einzuschalten, da sich wenigstens aus meinen bisherigen Untersuchungen, wie auch kaum anders zu erwarten war, keine irgendwie characteristische Curvenform für diese Erkrankung ergab. Constant aber zeigte sich die Bewegung im Bereiche des Exsudates beträchtlich vermindert.

Bei genauer vergleichender Messung der verschiedenen Thoraxpunkte ergibt sich indess bei der vorliegenden Erkrankung noch eine Reihe weiterer Eigenthümlichkeiten. Solange das Exsudat ein freies ist und nicht durch Adhäsionen von unten nach aufwärts vorzudringen verhindert wird, wird es

stets zuerst die untersten Parthieen einnehmen. Dementsprechend zeigt auch die graphische Untersuchung, dass bei kleinen Exsudaten nur die untersten Thoraxabschnitte in ihrer Erweiterung beschränkt werden; dagegen muss mit der Zunahme des Exsudates allmälig die Verschiebung auch der oberen Parthieen eine geringere werden. Die am weitesten nach abwärts gelegenen Thoraxabschnitte zeigen dann stets die geringste Verschiebung und lässt sich an diesen dann nicht ganz selten eine im Vergleiche zur correspondirenden Stelle der gesunden Seite verspätete Bewegung erkennen. Bei sehr beträchtlichen Exsudaten kann dann selbst jede Bewegung dieser Stellen fehlen.

Es mag darum eine wiederholte graphische Untersuchung der verschiedenen Thoraxpunkte geeignet sein, sich ein Urtheil über die Zu- oder Abnahme der krankhaften Störung zu bilden.

Von besonderem Interesse für das Studium der Athembewegungen sind noch die pleuritischen Verwachsungen. Ich beschränke mich hier auf einige kurze Bemerkungen.

Wie früher erwähnt, findet bei jedem Respirationsacte eine Verschiebung der Lungen statt, die vorzugsweise nach zwei Richtungen hin erfolgt, von oben nach unten und von hinten nach vorne; als eine dritte Verschiebung kann man etwa noch die seitliche bezeichnen. Diese Verschiebung trifft nicht jeden Theil der Lungen in gleichem Maasse, ja es muss, wie sich von vorneherein sagen lässt, Punkte geben, die man als mehr oder minder fixe bezeichnen kann, da an ihnen jede Verschiebung entweder vollständig fehlt oder dieselbe nur eine äusserst geringe sein wird. Je entfernter ein Lungenabschnitt von diesen fixen Punkten gelegen ist, desto grösser muss auch seine Verschiebung sein. *Donders* hat dieses Gesetz der Verschiebung der Lungen in dem Satze formulirt, dass jedes Lungenbläschen sich um so viel längs der Brustwand verschieben müsse, als die longitudinale Ausdehnung der oberhalb desselben gelegenen Bläschen beträgt. Nur durch diese Verschiebung aber wird eine annähernd gleichmässige Vertheilung des Druckes auf alle Abschnitte erzeugt. Nur auf solche Weise ist eine beträcht-

liche Erweiterung des Thorax möglich, ohne dass ein oder der andere Theil einen allzustarken Druck erfährt.

Die Verschiebungen der Lungen bei der Respiration können durch verschiedene pathologische Processe eingeschränkt werden, unter denen die Pleuraverwachsungen eine hervorragende Rolle spielen. Dass diese fast jederzeit die Mechanik der Athembewegungen verändern müssen, ist nach den früheren Erörterungen über die Wichtigkeit dieser Verschiebung der beiden Pleurablätter bei der Athmung eines Beweises nicht mehr bedürftig.

Totale Verwachsungen beider Pleurablätter werden, zumal wenn sie mit Schrumpfung der betreffenden Lunge einhergehen, kaum je der Diagnostik entgehen; die hier auftretenden asymmetrischen Verhältnisse beider Thoraxhälften, die mangelnde Verschiebung nach jeder Richtung, die sich theils schon durch die blosse Inspection, theils durch die Percussion nachweisen lässt und weitere Erscheinungen mehr ermöglichen die Erkennung solcher Zustände leicht. Anders, wenn die Verwachsungen nur partielle sind. Hier stösst die Diagnostik zuweilen auf sehr beträchtliche Schwierigkeiten. Dennoch kann kein Zweifel bestehen, dass sie unter Umständen ganz sicher berechenbare Störungen der Athembewegungen erzeugen müssen. Dass hier viel, ja Alles von dem jeweiligen Sitze dieser Verwachsungen abhängt, ist natürlich. So wird eine Verwachsung der beiden Pleurablätter an der Lungenspitze nur eine verminderte Bewegung dieser zur Folge haben. Auch auf graphischem Wege lassen sich circumscripte Verwachsungen zuweilen nachweisen, zumal wenn man die Bewegungen durch Einschaltung eines längeren Hebels vergrössert. Die Folgen dieser können, wenn sie dem fixen Punkte nahe liegen, darum auch nur locale sein; die Bewegungen der weiter abwärts gelegenen Theile dagegen können durch dieselben nicht influenzirt werden.

Je grösser hingegen normaler Weise die Verschiebung einer Stelle ist, je mehr eine Stelle von den fixen Punkten entfernt gelegen ist, desto grösser muss auch, wenn hier eine Verwachsung statt hat, das hieraus resultirende Hinderniss sein, desto mehr müssen sich die Folgen auch einer kleinen Verwachsung rückwärts auf einen ferner gelegenen Abschnitt

des Lungenparenchyms erstrecken. Die Verschiebung dieser Stelle ist ja das gemeinsame Produkt der Verschiebung aller oberhalb derselben bis zum fixen Punkte gelegenen Lungenbläschen. Darum muss eine Verwachsung am hinteren Theile der Lunge nahe der Wirbelsäule, je mehr sie nach oben und dem fixen Punkte nahe gelegen ist, um so geringere Folgen haben. Jede Verwachsung am hinteren Abschnitte der Lunge wird die Verschiebung in der horizontalen Fläche nicht wesentlich hemmen; dagegen wird in dem Maasse, als die Adhäsionsstelle weiter nach abwärts gelegen ist, die Längsverschiebung eine stärkere Einbusse erfahren. Von insbesondere beträchtlichen Folgeerscheinungen sind demgemäss die mehr nach unten hin befindlichen Pleuraverwachsungen; es muss durch diese jede stärkere Längsverschiebung eines grossen Theiles der oberhalb dieser gelegenen Abschnitte gehemmt werden. Eine derartige Verwachsung an der Basis der Lunge, die sich auch nur eine kleine Strecke weit nach aufwärts erstreckt, muss darum die Verschiebungen des Zwerchfells in hohem Grade paralysiren.

Dass diese mangelnden Verschiebungen für die directe Betrachtung fast stets erst dann sich erkennen lassen, wenn man möglichst tiefe Inspirationen machen lässt, hat seinen natürlichen Grund wie in der bei ruhiger Athmung statthabenden nur geringen Verschiebung, so insbesondere in dem mit der Tiefe der Einathmung wachsenden Hindernisse und der dadurch grösser werdenden Differenz der beiden Seiten.

Ein Theil dieser auch nur partialen Verwachsungen ist, wie bekannt, bereits mittelst einfacher Hülfsmittel diagnosticirbar. So wird die Verwachsung an der Basis der Lunge sich aus der durch die Percussion nachweisbaren aufgehobenen Verschiebung dieser erkennen lassen. So wird auch die Verwachsung der Lungenränder in der Gegend des Herzens sich stets leicht auf percutorischem Wege durch die fehlende Differenz bei tiefen Einathmungen nachweisen lassen. In anderen Fällen dagegen reichen diese Hülfsmittel nicht aus. Dagegen wird es manchmal auf graphischem Wege gelingen, hier schon geringe Differenzen zu erkennen und man wird sich insbesondere durch die Messung verschiedener Punkte über die Ausdehnung

dieser Verwachsung ein wenigstens annäherndes Urtheil bilden können. Bei nicht ausgedehnten Verwachsungen wird für das blosse Auge bei gewöhnlicher Athmung sich noch keine Differenz ergeben; dagegen zeigt jetzt schon die graphische Methode zumal bei Vergrösserung dieser Bewegung beträchtliche Unterschiede und es wird an derjenigen Stelle, die zunächst Sitz der Verwachsung ist oder doch am meisten durch dieselbe geschädigt wird, die Bewegung nach der betreffenden Zugrichtung hin am geringsten sein; mit der Entfernung von der Verwachsungsstelle dagegen muss die Bewegungsgrösse wieder zunehmen.

Es dürfte unnöthig sein, hier durch Einschalten einer grossen Curvenreihe eines und desselben Kranken zu zeigen, dass bei solchen partiellen Verwachsungen von einer bestimmten Stelle aus die Bewegung mit der Entfernung zunimmt; es würde zur Erläuterung dieses Verhältnisses eine grosse Reihe von Doppelcurven nöthig sein; ich begnüge mich, an einigen Zahlen diese Differenzen zu zeigen. Ich wähle als Beispiel einen 43jährigen kräftigen Mann, der jetzt scheinbar vollständig gesund ist. Derselbe hatte vor etwa einem halben Jahre eine rechtsseitige Pleuritis exsudativa überstanden. Das Exsudat erreichte nur eine geringe Höhe und wurde nach einiger Zeit wieder resorbirt. Jetzt zeigen sich bei dem Patienten bei ruhiger Athmung kaum besondere Differenzen beider Thoraxhälften. Bei sehr tiefen Inspirationen kann man sich indess schon mit blossem Auge überzeugen, dass die rechte Seite sich etwas weniger, als die linke erweitert. Eine genaue vergleichende Messung correspondirender Punkte beider Thoraxhälften ergab, die Bewegung der gesunden Seite stets als die gleiche Zahl angesetzt, folgende relative Zahlenverhältnisse:

Tabelle VII.

Ort der Messung	Linke Thoraxhälfte	Rechte Thoraxhälfte
2. Intercostalraum	2,0	1,5
3. „	2,0	1,2
4. „	2,0	1,0
5. „	2,0	1,2

Weitere Zahlen anzuführen, hat für die vorliegende Betrachtung kein Interesse. Die Tabelle ergibt das relative Verhältniss der Erweiterung je zweier correspondirender Punkte und es zeigt sich, wie von einem Punkte aus, dem Punkte, der am meisten durch die Verwachsung betroffen ist, die Bewegungsgrösse in auf- und absteigender Richtung mit der Entfernung von dieser Stelle wieder zunimmt. Ich bemerke noch, dass bei wiederholten Messungen dieses Kranken sich stets in gleicher Weise die hier mitgetheilten Resultate ergaben.

Mit Bezug auf den Einfluss der möglichst tiefen und forcirten Athmungen auf das Deutlicherwerden dieser Differenzen erwähne ich, dass ich derartige Kranke stets zuerst bei gewöhnlicher, ruhiger Athmung untersucht habe. Mit der Tiefe der Athmung wächst natürlich die beiderseitige Differenz; es erscheint aber von mindestens eben so grossem Interesse, zu erfahren, wie die Differenz sich unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Athmens gestaltet. Sehr tiefe Athmungen können, zumal wenn sie forcirt sind, die Athembewegungen der einzelnen Punkte insoferne beeinflussen, als es dann leicht zu einer übermässigen Belastung der normalen nicht adhärenten Parthieen und damit selbst zu einer anderen Bewegungsform als bei ruhiger Athmung kommen kann.

Eine derartige übermässige Belastung einzelner Lungenabschnitte als Folge solcher Verwachsungen kommt indess nicht so selten vor. Wenn beispielsweise die Verwachsung an der Basis der Lunge ihren Sitz hat und sich auch nur eine mässige Strecke weit nach aufwärts erstreckt, dann muss die Contraction des Zwerchfells und damit die Längsverschiebung der Lunge eingeschränkt werden; hier mag bei ruhiger Athmung vielleicht nur eine Verminderung der Bewegung an dieser Stelle erfolgen. Sobald das Athmungsbedürfniss steigt und der Kranke tiefere Inspirationen zu machen beginnt, dann wird der obere Thoraxabschnitt in compensatorischer Weise vergrössert, dann wird durch eine stärkere Wölbung des Thorax ersetzt, was die mangelnde Längsverschiebung zu Verlust gebracht hat. Damit sind in gewisser Beziehung analoge Verhältnisse gegeben, wie wir sie bei Verstopfung der kleineren Bronchien der unteren Lungenabschnitte durch Schleim früher kennen

gelernt haben. Wie dort, so sind hier, wenn auch vielleicht in geringerem Grade, durch eine übermässige Belastung der oberen Thoraxabschnitte günstige Bedingungen zur Entstehung des Emphysems gegeben. Die unteren Abschnitte der Lunge können jetzt in Folge dieser mangelnden Verschiebung nur eine geringere Menge von Luft als normal aufnehmen und so müssen die oberen Abschnitte um so stärker agiren, sie werden um so stärker belastet. In dem Maasse, als darum ein solches Individuum in Folge seiner Beschäftigung zu forcirten Athmungen gezwungen ist, in dem Maasse müssen die Bedingungen zur Entstehung des Emphysems der oberen Lungenabschnitte günstige sein.

Wie hier durch Behinderung der Zwerchfellsthätigkeit leicht eine stärkere Action des oberen Thoraxabschnittes zu Stande kommt, so kann in Folge von Behinderung der Ausdehnung nach einer anderen Richtung leicht eine excessive nach einer dieser entgegengesetzten Richtung erfolgen. Auf alle diese Mannichfaltigkeiten hier einzugehen, unterlasse ich; es dürfte kaum möglich sein, alle hier denkbaren Fälle auch nur kurz zu besprechen.

Es mag nach alledem begreiflich erscheinen, dass nicht eine einzelne Messung genügt, um über den Sitz und die Ausbreitung solcher Verwachsungen sich eine Vorstellung zu verschaffen. Nur durch vergleichende und wiederholte Messung verschiedener Punkte kann man sich wenigstens für gewisse Fälle ein annähernd richtiges Urtheil über Sitz und Ausbreitung dieser Verwachsungen bilden. Ich schalte hier zur Stütze obiger Sätze noch eine zweite kurze Tabelle eines Kranken ein, der an einer rechtsseitigen Verwachsung der beiden Pleurablätter mit Einziehung der betreffenden Seite litt.

Tabelle VIII.

Ort der Messung	Linke Thoraxhälfte	Rechte Thoraxhälfte
1. Intercostalraum	1,0	0,96
2. „	1,0	0,77
3. „	1,0	0,5
4. „	1,0	0,44
5. „	1,0	0,28
6. „	1,0	0,23

Die voranstehende Tabelle ergibt wesentliche Differenzen gegenüber der zuerst mitgetheilten. An allen Punkten zeigt sich auf der rechten Seite die Bewegung vermindert; ganz gering ist die Differenz noch im ersten Intercostalraume; mit jedem tieferen Intercostalraume wird sie eine grössere, so dass schliesslich im sechsten die Erweiterung der rechten Seite weniger als den vierten Theil der Erweiterung der gesunden Seite beträgt. Dass hier eine ziemlich weit verbreitete Verwachsung stattgefunden hat, ist darnach kaum mehr zweifelhaft. Die graphische Untersuchung zeigt demnach im vorliegenden Falle, dass die unteren Abschnitte der rechten Lunge bedeutend weniger sich zu erweitern im Stande sind, als die correspondirenden der linken Lunge, dass sie aber auch bei weitem weniger, als die entsprechenden oberen dieser Seite sich erweitern.

Es erübrigt endlich noch einige weitere der mittelst der graphischen Methode bei der vorliegenden Erkrankung erkennbaren Bewegungsanomalieen in Kürze zu besprechen. Ich werde diese Verhältnisse an der Hand einiger Curven zu beleuchten suchen.

Die Curve Nr. 2 Tafel VII ist von einer 38jährigen Kranken aufgenommen, die eine mässige linksseitige Thoraxeinziehung in Folge eines zur Resorption gekommenen pleuritischen Exsudates hatte. Die hier dargestellte Curve ist in der Höhe der vierten Rippe beiderseits in der Papillarlinie aufgenommen. Die graphische Untersuchung zeigt nicht nur, dass die Bewegungen der linken Thoraxhälfte beträchtlich geringer sind, als die der rechten; es ergibt sich auch, dass die beiderseitigen Bewegungen nicht in das gleiche Zeitmoment fallen. Zu der Zeit, da die gesunde Seite bereits inspiratorisch sich zu heben beginnt, zeigt die linke noch eine Pause. Zuweilen sehen wir hier selbst eine geringe Einziehung, die mit der Herzthätigkeit in Zusammenhang zu bringen sein dürfte. Erst wenn die gesunde Seite einen Theil der inspiratorischen Wegstrecke zurückgelegt hat, beginnt auch die kranke Seite sich, wenn auch beträchtlich weniger als jene, zu erheben. Beide erreichen dann annähernd zu gleicher Zeit den Gipfel; aber wie die gesunde Seite sich früher zu erheben begann und

darum längere Zeit als die kranke der Inspiration widmete, so erreicht sie auch jetzt später ihr exspiratorisches Ende. Die kranke Seite legt ihren kürzeren Weg auch in der Exspiration rascher zurück und so zeigt sie am Ende der Exspiration wieder eine Pause, die in die nächstfolgende Athmung hinüberreicht, also bereits zu einer Zeit, da die gesunde Seite ihren exspiratorischen Weg noch nicht beendet hat. Auch an anderen Thoraxpunkten liess sich diese verspätete Bewegung und das Vorhandensein einer längeren Pause auf der kranken Seite bei fehlender auf der gesunden sehr schön nachweisen. Im Gegensatze hierzu stellt Figur 3 Tafel VII, die die beiderseitigen Bewegungen der Infraclaviculargegend wiedergibt, nur eine Verminderung der Bewegung der kranken Seite dar; eine Verspätung der Bewegung ist hier kaum mehr angedeutet.

Wieder anders sind die Verhältnisse in Figur 4 Tafel VII. Auch hier handelt es sich um eine Thoraxeinziehung in Folge eines früheren rechtsseitigen pleuritischen Exsudates. Mit Bezug auf die etwas verlängerte Exspiration auch der gesunden (linken) Seite bemerke ich, dass der Kranke ausserdem an einem chronischen Katarrh und geringen Emphysem litt.

Auf der rechten Seite ist auch hier die Bewegung sehr beträchtlich reducirt. Eine wenigstens auffälligere Verspätung in der Bewegung der rechten Thoraxhälfte, analog dem vorhin erwähnten Falle, lässt sich hier nicht constatiren; dagegen war eine solche an weiter abwärts gelegenen Stellen vorhanden. Ferner nimmt hier auf der kranken Seite die Bewegungsgeschwindigkeit in der Exspiration bereits früher als auf der gesunden Seite ab, ja geht zum Theil in eine wirkliche Pause über, zu einer Zeit, da die gesunde Seite noch exspiratorisch sich bewegt.

Nicht selten beobachtet man endlich bei derartigen ausgebreiteten Verwachsungen, zumal wenn sie mit einer Einziehung der betreffenden Seite verbunden sind, vollständiges Fehlen jeder inspiratorischen Erhebung, selbst inspiratorisches Einsinken. In der Regel gestaltet sich dann das Verhältniss der Art, dass die oberen Thoraxparthieen noch eine ganz geringe inspiratorische Vorwölbung erfahren; je weiter nach abwärts, desto geringer wird dieselbe und an den untersten Parthieen zeigt

sich dann eine inspiratorische rückläufige Bewegung. Dieses Verhalten stellen die Doppelcurven Figur 1 und 2 Tafel VIII dar, die beide von einem und demselben Kranken gewonnen sind. Der betreffende Kranke, ein 27jähriger Mann, litt an einer linksseitigen Thoraxeinziehung in Folge eines früheren pleuritischen Exsudates. Zur Zeit, als ich diese Curven aufnahm, bestand eine Meningitis; der Kranke war in soporösem Zustande, so dass hieraus nach dem früher Erwähnten manche der hier auftretenden Formanomalieen der Curven, insbesondere die Pausen sich erklären lassen dürften. Die Curve Nr. 1 ist beiderseits in der Höhe des zweiten Intercostalraumes aufgenommen; sie zeigt noch eine geringe inspiratorische Erhebung der kranken Seite; aber ungeheuer klein erscheint dieselbe bereits im Vergleiche zur Excursionsgrösse der gesunden Seite. Den directen Gegensatz stellt die Doppelcurve Nr. 2 dar; dieselbe ist in der Höhe der fünften Rippe aufgenommen. Hier haben wir nirgends mehr auf der kranken Seite eine inspiratorische Erhebung; mit der inspiratorischen Erhebung der gesunden Seite sinkt diese Stelle ein; mit der Exspiration erhebt sie sich wieder um dieselbe Grösse, um während des übrigen Zeitraumes eine Pause zu zeigen. Mittelst der graphischen Methode liess sich ferner hier nachweisen, dass die Grenze, von der aufwärts die inspiratorische Erhebung der kranken Seite begann, von der abwärts von Stelle zu Stelle die inspiratorische Einziehung eine Zunahme erfuhr, in der Höhe des dritten Intercostalraumes gelegen war. Dieser Punkt zeigte bei der graphischen Untersuchung eine vollkommene Nulllinie. Aufwärts von dieser Stelle begann die inspiratorische Erhebung, nach abwärts die inspiratorische Einziehung.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, zu zeigen, dass auch hier die Resultate der graphischen Untersuchung sehr verschiedenartige sein können. Dass es Fälle gibt, in denen auch die graphische Untersuchung zu keinem Resultate führt, ist nach dem früher Erwähnten selbstverständlich. Die Vorzüge der von mir geübten Methode der gleichzeitigen Untersuchung verschiedener Thoraxpunkte werden aber auch an diesen wenigen Beispielen wieder erkennbar sein. Wenn

hier die graphische Methode nicht wie bei den früher betrachteten Krankheitsgruppen sofort in die Augen springende characteristische Resultate ergeben hat, dann dürfte diess gewiss nicht als ein Vorwurf dieser Methode betrachtet werden. Dass sie besser als andere Methoden Rechenschaft über die Bewegungen jedes einzelnen Theiles wie auch über das genaue zeitliche Verhältniss und über die Art und Weise des Ineinandergreifens dieser verschiedenen Bewegungen zu geben vermag, das mag aus den wenigen bisher betrachteten Beispielen bereits hinreichend erhellen.

IX.

Pneumonie.

Wie bei der Betrachtung der graphischen Resultate der verschiedenen Formen der Pleuritis sich ergeben hat, dass die dort vorkommenden Störungen in dem Mechanismus der Athembewegungen keine für diese Krankheit characteristischen sind, wie sich aber dennoch bei genauerer Betrachtung zeigte, dass man mittelst der graphischen Methode über die Intensität und Ausbreitung des dadurch gesetzten Respirationshindernisses gewisse Aufschlüsse erhalten kann, die eine andere Methode nicht in gleicher exacter Weise zu geben vermag, so lässt sich auch von vornherein ein Aehnliches für die Pneumonie erwarten. Ich sehe hier von einer genaueren Differenzirung der einzelnen Stadien ab; für die vorliegende Frage kommt zunächst das Stadium der eigentlichen Hepatisation in Betracht. Es darf hierbei nicht ausser Acht gelassen werden, dass die einzelnen Stadien ohne scharfe Grenze in einander übergehen, dass insbesondere das erste und zweite Stadium fast stets neben einander einhergehen, wie auch das zweite und dritte nicht selten zugleich beobachtet werden. Dass es aber für das Resultat der graphischen Untersuchung nicht gleich ist, ob eine Kraft ganz oder nur theilweise entfällt, ist leicht ersichtlich.

Der folgenden Betrachtung lege ich nur solche Fälle zu Grunde, die ich mittelst meines Doppelstethographen untersucht habe, da die Messung mit dem einfachen Stethographen für Krankheiten, in denen es sich um directe Vergleiche und um feinere Unterschiede handelt, nicht hinreichend zuverlässig ist. Ich lasse darum hier meine früheren zahlreichen Messungen Pneumoniekranker unberücksichtigt.

Die Pleuritis hat in gewissen Stadien und bei einer gewissen Grösse des Exsudates die Eigenschaft, diejenigen Muskeln zu lähmen, deren Contraction zunächst die inspiratorische Erweiterung des Thorax zu Stande bringt. Ein solches Verhalten zeigt sich bereits bei relativ mässigen Exsudaten für das Zwerchfell, bei höheren Graden und etwas längerer Dauer der Exsudate wird auch die Thätigkeit der Intercostalmuskeln beeinträchtigt. Anders liegen die Verhältnisse bei der Pneumonie im Stadium der Hepatisation. Hier ist die Kraft und Thätigkeit der Inspirationsmuskeln nicht gehemmt. Dennoch lässt sich von vornherein sagen, dass auch hier die Athmungsmechanik gestört sein müsse.

Das ungestörte Ineinandergreifen der inspiratorischen Muskelthätigkeit und der dieser folgenden Erweiterung der Lungen ist eine unumstössliche Bedingung zum Zustandekommen der normalen Athembewegungen. Wo einer dieser Factoren fehlt oder wo auch nur ein Theil der Kräfte des einen von diesen entfällt, da muss die Athmung gestört sein, da müssen auch die sicht- und messbaren Athembewegungen, die der directe Ausdruck des harmonischen Ineinandergreifens dieser beiden Thätigkeiten sind, verändert sein.

Die graphischen Resultate bei der Pneumonie sind verschieden je nach dem Sitze und der Grösse des pneumonischen Heerdes. Es lässt sich selbst erwarten, dass es Pneumonieen geben werde, die keine erkennbare Störung des Athmungsmechanismus zur Folge haben werden, so ganz kleine, mitten in normales Lungengewebe eingebettete Infiltrationsheerde.

Nach einem früher bereits erörterten Gesetze wird, wenn nach irgend einer Seite hin die Ausdehnung eines Theiles der Alveolen gehemmt wird, in compensatorischer Weise eine stärkere Ausdehnung derjenigen Abschnitte erfolgen, deren Widerstand ein geringerer ist. So können wir darum auch erwarten, dass nicht parallel der Grösse dieses Heerdes eine Verminderung der Thoraxerweiterung bereits eintreten werde; hier mag bei der Kleinheit solcher Heerde der durch sie erzeugte Ausfall leicht durch vermehrte Ausdehnung der benachbarten Abschnitte ergänzt werden.

Anders dann, wenn der pneumonische Heerd ein grösserer ist. Wie bei einer gewissen Grösse des pleuritischen Exsudates keine compensatorische stärkere Erweiterung der noch intacten Lungenabschnitte eintritt, so wird auch bei grösseren Infiltrationsheerden eine entsprechende Compensation nicht mehr Statt haben. Und selbst wenn eine solche eintreten würde, so würde das normale Gleichgewicht dennoch nicht hergestellt sein, ein Theil wäre dann übermässig belastet und damit nur die Vertheilung der Arbeit und die sichtbare Athembewegung eine andere geworden.

Die Mehrzahl der Pneumoniekranken zeigt zumal bei noch kurzem Bestande des Infiltrationsheerdes eine Beschleunigung der Athmung. Die in diesem Stadium gewonnenen Athmungscurven müssen daher diejenigen Eigenthümlichkeiten zeigen, die der beschleunigten Athmung zukommen.

Wiederholt hat man die Behauptung aufgestellt, dass die Beschleunigung der Athembewegungen in einem genauen Verhältnisse zur Grösse der Verdichtungsheerde stehe. Meine eigenen Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, um diese Frage nach dieser oder jener Seite zu entscheiden.

Dieselben sprechen indess nicht zu Gunsten eines solchen gegenseitigen Verhaltens. Ohnediess tragen, wie bekannt, noch eine Reihe weiterer Factoren zu dieser Athembeschleunigung bei, so insbesondere die erhöhte Körperwärme, von der nachgewiesen ist,[1]) dass sie durch directe Reizung des Athmungscentrums eine Beschleunigung der Athemzüge erzeugt. Dagegen zeigt die graphische Untersuchung ein anderes Gesetz, das dahin lautet, dass mit der Beschleunigung die Tiefe der Athemzüge fällt. Je rascher die Athmung erfolgt, desto kleiner ist, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze, bei der graphischen Darstellung die Höhe der so gewonnenen Curven. Es zeigt sich ferner das zeitliche Verhältniss zwischen Inspiration und Exspiration in diesen Fällen meistens nicht gestört.

Die einzelnen Athemzüge erfolgen jetzt häufig nicht in dem gleichmässigen ruhigen Tempo, durch das sich die normale

[1]) Ueber Wärmedyspnoë von *L. Goldstein*. Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. II. Bd., 1871.

Athmung auszeichnet; sie erfolgen zum Theil fast ruckweise, saccadirt, so dass die Athmungscurven nicht selten von ganz kleinen und unregelmässigen Zacken unterbrochen werden, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den durch die Herzbewegung veranlassten zeigen. Sie lassen sich indess von diesen leicht dadurch unterscheiden, dass sie auch an Stellen beobachtet werden, an denen durchaus nicht von einer Herzbewegung oder Pulsation die Rede sein kann und dadurch, dass sie nicht wie jene in einer bestimmten Regelmässigkeit und Gleichartigkeit der Form sich wiederholen. In dem Maasse, als die Dyspnoë des Kranken nachlässt, als die Athmung ruhiger wird, verlieren sich die Unregelmässigkeiten wieder. Bei genauer Betrachtung der Athmung eines solchen Kranken kann man sich auch oft schon direct von dieser besonderen Form der saccadirten Athmung überzeugen.

Es wurde oben erwähnt, dass bei der Pneumonie das normale Verhältniss zwischen Inspirationsdauer und Exspirationsdauer meistens nicht gestört werde. Es erklärt sich diese Erscheinung leicht daraus, dass es sich bei der Pneumonie nur um den Ausfall eines grösseren oder kleineren Lungenabschnittes für den Act der Athmung handelt. Der dadurch entstehende Verlust überträgt sich in gleicher Weise auf die Ein- wie Ausathmung und es muss darum das gegenseitige Verhältniss dieser nicht gestört werden. Trotzdem zeigt die graphische Untersuchung nicht selten, dass dasselbe sich insoferne ändert, als die Exspiration etwas verlängert erscheint. Ein solches Verhalten zeigt beispielsweise Figur 3 Tafel VIII. Dieselbe stellt einen der höheren Grade der Verlängerung dar, die unter der Zahl der von mir untersuchten Pneumoniker zur Beobachtung kamen. Die Curve stammt von einem 58 Jahre alten Taglöhner; der Verlauf der Pneumonie war kein regelmässiger, die Lösung trat insbesondere sehr verspätet ein und erfolgte äusserst langsam. Zur Zeit als diese Curve von dem Kranken aufgenommen wurde, war bereits der 12. Tag, vom Auftreten des Schüttelfrostes an gerechnet. Fast die ganze linke Lunge war jetzt hepatisirt, die Hepatisation hatte zuerst den linken untern Lappen befallen und hatte allmälig nahezu die ganze linke Lunge erreicht. Zur Zeit der Aufnahme dieser Curve

waren noch keine Zeichen der beginnenden Lösung vorhanden. Die nachstehende Curve ist beiderseits in der Papillarlinie in der Höhe des 2. Intercostalraumes aufgenommen.

Ueberall an jeder einzelnen Athmung zeigt sich die Verlängerung der Exspiration gegenüber der Inspiration. Zuweilen geht dieselbe sogar am Ende der Exspiration in eine kurze Pause über. Es kann kein Zweifel sein, dass diese verlängerte Exspiration nicht durch die Hepatisation selbst bedingt ist; wie erwähnt, muss der Wegfall eines Abschnittes der athmenden Fläche seinen Einfluss in gleicher Weise auf die In- wie auf die Exspiration übertragen. Der Grund der verlängerten Dauer der Exspiration muss darum in anderen Momenten gesucht werden und es kann für den vorliegenden Fall kein Zweifel bestehen, dass er in einer sehr intensiven Bronchitis zumal der kleineren Bronchien zu finden ist; auch auf der relativ gesunden Seite liess sich hier gerade eine sehr intensive Bronchitis nachweisen. Vielleicht mögen in anderen Fällen auch andere Momente mit zur Entstehung dieses Missverhältnisses beitragen; in vielen Fällen mag das hier erwähnte Moment dessen Veranlassung sein. Gerade in dem vorliegenden Falle schwand diese Erscheinung in dem Maasse wieder, als die bronchitischen Erscheinungen sich minderten. Meistens scheint das Missverhältniss zwischen In- und Exspirationsdauer indess ein viel geringeres zu sein.

Was das zeitliche Verhältniss des Ineinandergreifens der beiden Thoraxhälften in den Act der Athmung betrifft, so zeigt das vorliegende Beispiel, dass beide in demselben Zeitmomente inspiratorisch sich zu heben beginnen, dass beide trotz der verschiedenen Länge des Weges, den sie zurücklegen, den Gipfelpunkt der Curve zu gleicher Zeit erreichen und auch in demselben Momente den exspiratorischen Weg beginnen und beenden. Ein solches Verhalten musste von vorneherein erwartet werden. Wenn das primäre Movens der inspiratorischen Thoraxerweiterung Muskelkräfte sind, dann kann, da diese bei der reinen uncomplicirten Pneumonie niemals geschädigt werden, eine Verspätung der Thoraxbewegung der kranken Seite nicht eintreten.

Anders bei gewissen Formen der Pleuritis, zumal bei hochgradigen und längere Zeit bestehenden Exsudaten; hier kann durch den stärkeren Druck schon, den das Zwerchfell wie die Intercostalmuskeln erfahren, in vielen Fällen von einer der Norm entsprechenden Contraction dieser nicht mehr die Rede sein. Findet dennoch eine Erweiterung des Thoraxraumes statt, dann wird sie wenigstens nicht selten eine verspätete und trägere, denn in der Norm sein. Es kann darum dort eine eigentliche Verspätung der Bewegung der kranken Seite erfolgen, wovon in den früheren Curven bereits Beispiele enthalten sind.

Wo darum eine einigermassen ersichtliche Verspätung der Bewegung der pneumonisch infiltrirten Seite sich ergeben sollte, da kann schon von vorneherein der Gedanke an weitere Complicationen Platz greifen.

Als die wichtigste Differenz der kranken Seite gegenüber der gesunden erscheint demnach die Verminderung ihrer Bewegung.

Ich schalte hier zur Illustration dieser Verhältnisse noch Figur 4 Tafel VIII ein. Diese Curve zeigt im Wesentlichen dieselben Verhältnisse wie Figur 3. Nur sind hier auf der linken, d. h. normalen Seite die Herzbewegungen besonders deutlich ausgeprägt. Diese Curve ist beiderseits in der Höhe des 4. Intercostalraumes aufgenommen und entstammt einem 17jährigen Kranken, der an einer rechtsseitigen Pneumonie des Mittel- und Unterlappens litt.

Als die wichtigste und constanteste der durch die Pneumonie hervorgerufenen Abweichungen von der Normalcurve muss demnach die geringere Höhe der Erhebung an den Stellen der Hepatisation im Vergleiche zu den entsprechenden der gesunden Seite bezeichnet werden. Beides ist in deutlichster Weise in den beiden mitgetheilten Curven enthalten. Die Differenz im Vergleiche zu der Bewegung der correspondirenden Stelle der gesunden Seite ist indess für die vorliegenden Beispiele keine sehr beträchtliche. Der Grad dieser Verminderung der Excursionsgrösse ist in den einzelnen Fällen je nach dem Sitze und der Ausbreitung der Hepatisation ein sehr verschiedener. Wo die Infiltration durch den ganzen Querdurchmesser der

Lunge hindurch sich erstreckt, da wird die Verminderung der Bewegung selbstverständlich eine stärkere sein, als in Fällen, in denen nur ein kleiner Abschnitt verdichtet ist. Im letzteren Falle kann leicht ein Theil der Funktion dieses hepatisirten Abschnittes von dem benachbarten intacten Gewebe übernommen werden. So wird auch eine ausgedehnte Hepatisation nicht nur eine Verminderung der Bewegung an dieser Stelle erzeugen, es werden selbst die unmittelbar angrenzenden Thoraxabschnitte noch eine gewisse Einschränkung erfahren können.

In vielen Fällen tritt eine weitere Einschränkung dieser Bewegung durch die so häufig sich hinzugesellende Pleuritis hinzu; der durch diese veranlasste Schmerz, wie die dabei stattfindenden Verklebungen der beiden Pleurablätter und weitere Momente mehr tragen dazu bei, die Excursionen dieser Seite dann noch geringer zu machen. Stets aber ist bei einer reinen uncomplicirten Form der Pneumonie, wenn sie einen etwas beträchtlicheren Raum einnimmt, die Bewegung dieses Abschnittes bereits vermindert.

Ob eine vermehrte Thätigkeit der gesunden Seite gewissermassen in vicariirender Weise stattfindet, wie diess von verschiedenen Autoren behauptet worden ist, dürfte kaum zu entscheiden sein. Bei dem grossen Spielraume, der den Thoraxexcursionen gelassen ist und bei dem Umstande, dass ein directer Vergleich mit den normalen Verhältnissen entfällt, dürfte von einer solchen vermehrten Bewegung der gesunden Seite kaum die Rede sein können. Stets aber überschreitet auch in diesen Fällen die Bewegung der gesunden Seite nicht die Grenze, die im Bereiche der normalen Thätigkeit gelegen ist, wie diejenigen Fälle zeigen, in denen man Gelegenheit hat, solche Kranke auch nach völlig erfolgter Heilung wieder zu untersuchen.

Endlich erwähne ich noch, dass selbst noch längere Zeit nachher, nachdem die Pneumonie vollständig zur Lösung gekommen ist, sich eine geringe Verminderung der Bewegung der afficirt gewesenen Stelle zeigen kann. In einigen Fällen, in denen ich Gelegenheit hatte, die Kranken noch einige Zeit nachher wiederholt zu untersuchen, war erst nach längerer Frist

ein vollständig symmetrisches Verhalten beider Seiten wieder eingetreten.

Dass in gewissen Fällen noch längere Zeit vergehen mag, bis die erkrankt gewesenen Theile in gleicher Weise wie früher functionstüchtig werden, kann uns nicht befremden. Damit harmonirte, dass in einem Falle, in dem ich speciell auf diesen Punkt hin untersuchte, sich ergab, dass die Differenz bei tiefer Einathmung eine grössere wurde. Dass hier nicht Adhäsionen die Ursache waren, dürfte durch das vollständige Rückgängiggewordensein dieser Erscheinung einigermassen an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Inwieweit dieselbe eine mehr oder minder häufige ist, vermag ich aus meinen bisherigen Beobachtungen nicht zu entscheiden.

X.

Lungentuberculose.

Eine genauere Trennung der einzelnen Formen der Tuberculose, wie sie vom anatomischen Standpunkte aus geboten erscheint, ist für die vorliegende Untersuchung ohne Belang. Welcher Natur der Verdichtungsprozess ist, das ist auf die hieraus resultirende Störung der Mechanik der Athembewegungen ohne Einfluss. Von viel grösserer Bedeutung dürfte es sein, ob gleichzeitig Verwachsungen der beiden Pleurablätter bestehen, ob bereits Cavernen vorhanden sind oder nicht und wenn solche da sind, ob die Cavernen leer oder gefüllt, ob die Wandung der Caverne noch durch eine dichte Lage eines infiltrirten Gewebes von der Thoraxwand getrennt oder ob sie fast unmittelbar unter derselben gelegen ist.

Schon aus diesen wenigen Andeutungen mag hervorgehen, wie mannigfaltig auch hier wieder die Resultate der stethographischen Untersuchung sein können. Obwohl ich selbst eine grosse Anzahl von an Tuberculose leidenden Patienten untersucht habe und bei vielen mir eine wiederholte Untersuchung während einer längeren Dauer der Affection ermöglicht war, so dürften doch diese Beobachtungen noch lange nicht hinreichen, um alle hier vorkommenden Variationen bereits jetzt zum Abchlusse zu bringen. Ich beschränke mich auch hier wieder darauf, auf die wichtigsten und häufigsten dieser Formabweichungen der Thoraxbewegungen die Aufmerksamkeit zu lenken und dieselben durch einige Curven zu erläutern. Dass ein Theil der Sätze, die wir bei Erwägung der stethographischen Resultate der Pneumonie gefunden haben, auch

hier wieder ihre Geltung haben werden, darf im Voraus erwartet werden.

Wenn wir mit den früheren Stadien beginnen, so lässt sich schon von vornherein sagen, dass gerade hier die graphische Methode angewendet zu werden verdient. Ich habe alle diejenigen Personen, die mir als der Tuberculose verdächtig zur Beobachtung kamen, mittelst des Doppelstethographen untersucht. Indess hat die Untersuchung der Lungenspitzen, der Supraclaviculargegenden mittelst des Doppelstethographen ihre besonderen Schwierigkeiten, in gleicher Weise wie in diesem Stadium auch die Percussion nicht selten solchen begegnet und dann leicht zu irrthümlichen Resultaten führt. Ich erinnere nur daran, wie eine geringe Drehung des Kopfes bereits bei einem Gesunden eine Schalldifferenz der Lungenspitzen zuweilen vorzutäuschen im Stande ist. Aehnliche Gefahren ergeben sich bei der Untersuchung mit dem Doppelstethographen. Ein nicht ganz symmetrisches Aufliegen der Platten, die die Bewegung übertragen, hat sofort beträchtliche Unterschiede zur Folge. Wiederholt habe ich darum im Anfange meiner Versuche Resultate erhalten, die eine spätere Untersuchung nicht bestätigen konnte. Ich hatte mich anfangs der Hoffnung hingegeben, hier zu einer Zeit schon Differenzen erhalten zu können, in der die übrigen Hülfsmittel uns noch mehr oder minder im Stiche lassen. Denn schon von vornherein durfte man ja erwarten, dass, wenn aus irgend einem Grunde die eine Lungenspitze ein wenn auch geringes Hinderniss dem Lufteintritte in den Weg stellen würde, diess durch eine verminderte oder veränderte Bewegung sich kundgeben sollte. Dass die hier stattfindende Bewegung vom Hause aus nur eine minimale war, das konnte kein Bedenken erregen, da die Möglichkeit gegeben war, dieselbe selbst bis 30 Male zu vergrössern.

Indessen hält es gerade hier schwer, jede Fehlerquelle mit Sicherheit auszuschliessen.

Will man darum brauchbare Resultate gewinnen, dann ist es nöthig, die Untersuchung wiederholt vorzunehmen, da man nur auf solchem Wege versichert sein kann, dass keine Fehlerquelle mit obgewaltet hat. Wird dann bei jeder Unter-

suchung das gleiche Resultat gewonnen, dann wird wohl kein Einwand mehr zu erheben sein. In solcher Weise habe ich eine grössere Anzahl von Untersuchungen vorgenommen.

Das eben Erwähnte gilt zunächst für diejenigen Spitzendifferenzen, deren Diagnose überhaupt noch schwer ganz sicher zu stellen ist. Ist einmal die Affection etwas weiter vorgeschritten, dann ist die sich ergebende stethographische Differenz eine so beträchtliche, dass die oben erwähnten Untersuchungsfehler das Resultat kaum mehr zu verdecken, wenn auch immerhin noch zu trüben vermögen.

Dagegen entfallen diese Schwierigkeiten an den Punkten, die unterhalb der clavicula gelegen sind. Die Untersuchung hat hier nur die für alle derartige Versuche nöthigen Cautelen zu berücksichtigen.

Wie wir bei Betrachtung der an Pneumonikern gewonnenen Curven gesehen haben, dass dort trotz der relativen Gleichartigkeit dieses Processes mannichfaltige Resultate sich ergeben können, je nach der Ausbreitung der Infiltration, je nach dem Sitze derselben, je nach dem Grade der dieselbe begleitenden Bronchitis und dergleichen mehr, so muss auch hier eine grosse Verschiedenheit, ja eine noch grössere der einzelnen Formen sich ergeben. Stets aber wird an der Stelle, an der ein Verdichtungsheerd besteht, eine Verminderung der Excursionsgrösse sein. Der Grad dieser Verminderung hängt zunächst, wenn auch nicht allein, davon ab, wie viel des Gewebes luftleer geworden ist. Je nach den Verhältnissen wird dieselbe sich auch auf die angrenzenden gesunden Lungenabschnitte theilweise fortsetzen können; unter anderen Umständen wird es selbst zu einer excessiven Thätigkeit dieser kommen. Das letztere Verhalten findet indess gerade bei der Lungenphtise viel seltener, als bei den früher betrachteten Krankheitsformen statt.

Um ein Bild der hier sich ergebenden Differenzen zu geben, schalte ich einige Doppelcurven solcher an Phtise leidenden Patienten ein. Ich bemerke, dass ich alle meine Kranken mehrmals untersucht habe und dass jegliches Resultat wiederholt geprüft wurde. Die Untersuchungen sind stets in der Weise angestellt worden, dass eine grössere Anzahl von Punkten

in vergleichender Weise gemessen wurde. In der Regel habe ich, der möglichsten Vollständigkeit wegen, von Rippe zu Rippe eine Curve aufgenommen und ebenso Curven nach verschiedenen Richtungen hin. Auch eine einzige vollständige Curvenreihe nur eines Patienten an dieser Stelle mitzutheilen, ist natürlich unmöglich; ich muss mich daher auf die Vorführung weniger, aber von verschiedenen Patienten entlehnter Curven beschränken.

Figur 1 Tafel IX stellt die beiderseitigen Excursionen in der Höhe des 2. Intercostalraumes dar. Dieselbe ist von einem bereits seit längerer Zeit an den Erscheinungen der Phtise leidenden 50 Jahre alten Schreiner aufgenommen. Die physicalische Untersuchung der Brustorgane liess links noch keine Veränderung erkennen. Rechts ergab sich Schalldämpfung von der Lungenspitze bis zum unteren Rande der 3. Rippe. Einziehungen oder Formdifferenzen der beiden Thoraxhälften waren nicht zu constatiren, ebenso waren zu dieser Zeit noch keine Cavernen nachweisbar. Die Athmung zeigt sich an diesen Curven nur mässig beschleunigt, das zeitliche Verhältniss zwischen Inspirationsdauer und Exspirationsdauer nicht gestört. Die Höhendifferenz der beiderseitigen Curven ist nicht unbeträchtlich; die kranke Seite verhält sich zur gesunden etwa wie 1 : 1,3. Eine Verspätung der Bewegung der kranken Seite existirt hier nicht. Auffallend ist in diesem Falle der relativ langsame Uebergang der Inspiration in die Exspiration, während der Uebergang der Exspiration in die nächstfolgende Inspiration zuweilen selbst rascher erfolgt. Die Geschwindigkeit ist demnach hier gegen Ende der Inspiration zuweilen selbst etwas mehr verlangsamt, als am Ende der Exspiration.

Einem ähnlichen Verhalten selbst bis zur Bildung einer inspiratorischen Pause begegnet man bei tuberculösen Individuen nicht ganz selten. Es darf diess um so mehr beachtet werden, als wir es hier bereits mit einer etwas beschleunigten Athmung zu thun haben; gerade diese hat aber, wie ich früher erwähnt habe, bei normalen Menschen zur Folge, dass die allmäligen Aenderungen der momentanen Geschwindigkeit am Ende je einer In- und Exspiration mehr und mehr in den Hintergrund treten. Indess ist im vorliegenden Falle das Verhältniss der beiden Athmungsphasen noch nicht gestört;

wo dieses sich zu Ungunsten der Exspiration verändert erweist, da ist der Verdacht einer Complication mehr als begründet, wie wir weiterhin noch sehen werden.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse in Figur 2 Tafel IX. Diese Curve ist an einem 38jährigen Manne aufgenommen, der schon seit Langem an Husten, Nachtschweissen, Abmagerung und weiteren Symptomen mehr der Phtise litt. Die physicalische Untersuchung ergab von der Spitze bis fast zur Basis der rechten Lunge Schalldämpfung. Einziehungen waren auch hier nicht vorhanden. Die Curven sind beiderseits in der Höhe der 2. Rippe aufgenommen. Auch hier ist die Verminderung der Thoraxexcursionen der kranken Seite sehr ausgeprägt. Nebstdem zeigt sich aber ein beträchtlicher Unterschied in der momentanen Geschwindigkeit der beiderseitigen Punkte. Die linksseitige Curve zeigt keine wesentlichen Abweichungen von der Norm; anders die Curve der correspondirenden Stelle der rechten Seite. Der inspiratorische Curventheil behält hier fast während der ganzen Dauer seine Richtung mit einer schwachen Concavität gegen die Abscissenachse bei, d. h. die Curve beginnt vom Anfange an steil und behält diese Geschwindigkeit annähernd bei, um gegen Ende sehr allmälig abzunehmen. Ebenso hat der exspiratorische Theil der Curve eine vom Beginne an ziemlich gleichbleibende Geschwindigkeit; erst gegen Ende der Exspiration wird dieselbe beträchtlich verlangsamt und kommt es hier selbst vorübergehend zur Bildung einer kurzen Pause.

Wenn auch nur theilweise mit Bezug auf den tuberculösen Process, dürfte Figur 3 Tafel IX hier einer kurzen Erwähnung werth sein. Dieselbe entstammt einem 38 Jahre alten Manne, der wegen Diabetes mellitus zur Aufnahme gekommen war. Der Verdacht einer Tuberculose war allerdings vorhanden; indess ermöglichten die Resultate der physicalischen Untersuchung es damals noch nicht, die Diagnose mit Sicherheit dahin zu stellen. Die graphische Untersuchung, die ich wiederholt bei diesem Kranken vorgenommen hatte, ergab bereits deutliche Unterschiede; der weitere Verlauf bestätigte die Diagnose. Die beiden nachstehenden in einer späteren Periode aufgenommenen Curven entstammen der Infraclaviculargegend. Die

höhere Curve entstammt der linken, die niedrigere der rechten Thoraxhälfte. Eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Curven liegt in dem Missverhältnisse zwischen Inspirationsdauer und Exspirationsdauer. Die Inspiration zeigt sich beträchtlich verlängert und nimmt ihre Geschwindigkeit insbesondere gegen das Ende hin in hohem Grade ab; die Exspiration erfolgt dagegen relativ rasch und leicht. Während alle übrigen Eigenthümlichkeiten dieser Curven, insbesondere die Höhendifferenz, bei wiederholten Untersuchungen sich stets in gleicher Weise ergeben hatten, war diese letzterwähnte Erscheinung an den früher aufgenommenen Curven nicht zu beobachten. Der Grund dieser Abweichung liess sich bald auffinden. Der Kranke hatte bereits mehrere Tage, bevor ich diese Curve aufnahm, über leichte Schlingbeschwerden geklagt; ausser einer mässigen Schwellung und Röthung der Rachenorgane konnte indess hier nichts constatirt werden. Die nachstehende Curve musste den Verdacht erwecken, dass ein Hinderniss für den Eintritt der Luft in die grossen Luftwege vorhanden sei. Dieselbe stimmte in allen Punkten mit dem graphischen Verhalten der inspiratorischen Dyspnoë, wie ich es bei Besprechung dieser geschildert habe, überein. Wenn wir die dort mitgetheilten Curven mit dieser vergleichen, dann finden sich, abgerechnet die dort vorhandene inspiratorische Einziehung, nicht unbeträchtliche Aehnlichkeiten. Der Kranke hatte scheinbar keine Dyspnoë; aus der Curve konnte man eine solche und zwar inspiratorischer Natur constatiren und ferner entsprechend dem Umstande, dass das zeitliche Missverhältniss zwischen In- und Exspiration noch lange nicht einen der höchsten Grade erreicht hatte, schliessen, dass das Respirationshinderniss ein nur mässiges sei. Aus der bereits erwähnten geringen Röthung und Schwellung der Rachenorgane konnte ein Respirationshinderniss durchaus nicht erwachsen sein. Der Verdacht, dass tiefer abwärts, im Larynx oder der Trachea, noch weitere Veränderungen seien, war somit begründet. Das Resultat der laryngoscopischen Untersuchung stimmte mit dieser Annahme auf's Schönste überein. Es zeigte sich, dass das rechte Stimmband gänzlich bis zur Mittellinie herübergeschoben und der Schleimhautüberzug des rechten Aryknorpels

beträchtlich geschwollen war. Beide Stimmbänder waren nur wenig verdickt. Dass diese Affection sich erst in den letzten Tagen entwickelt hatte, kann um desswillen mit Sicherheit behauptet werden, weil der Kranke wenige Tage vorher erst laryngoscopisch untersucht worden war. Der weitere Verlauf zeigte, dass es sich nicht, wie wir anfangs vermuthet hatten, um eine Perichondritis des rechten Aryknorpels, sondern nur um eine entzündliche Schwellung der dortigen Schleimhautgebilde gehandelt hatte. Die Affection ging nur langsam zurück, das Stimmband wurde allmälig wieder etwas mehr nach aussen beweglich und damit schwanden auch wieder die letzterwähnten Eigenthümlichkeiten seiner Athmungscurven.

Gerade dieser Fall mag am besten zeigen, wie mannigfaltige Factoren die Athmung oft beeinflussen. Aehnliche Complicationen dürften zumal in den späteren Stadien der Tuberculose nicht selten zur Beobachtung kommen, so dass dann bei der graphischen Untersuchung leicht Curven erhalten werden, die der Deutung Schwierigkeiten bereiten. Stets aber wird es dann bei genauerer Untersuchung gelingen, den Grund dieser Abweichungen zu finden.

Um noch einen weiteren Ueberblick über die mannigfaltigen Abstufungen, die hier vorkommen können, zu geben, schalte ich noch einige Curven, die weitere Eigenthümlichkeiten darbieten, ein.

Figur 4 Tafel IX ist von demselben Kranken entnommen, von dem auch Figur 2 Tafel IX gewonnen wurde. Dieselbe ist beiderseits in der Infraclaviculargegend aufgenommen und zwar in einer anderen Zeitperiode als die erstere. Beide Curven, obwohl sie von demselben Patienten, wenn auch zu verschiedenen Zeiten, gewonnen wurden, zeigen einerseits beträchtliche Unterschiede, anderseits wieder gewisse Analogieen. Auf die letzteren hier einzugehen, unterlasse ich; der hauptsächlichste Unterschied im Vergleiche zu jenen Curven liegt in der verlängerten Exspiration, an die sich selbst zuweilen eine kurze Respirationspause anschliesst. Dass diese verlängerte Exspiration dem tuberculösen Processe nicht direct ihre Entstehung verdankt, dürfte mit Sicherheit schon daraus hervorgehen, dass sie zu einer anderen Zeit, zu der dieser bereits die gleiche

Ausdehnung gewonnen hatte, nicht vorhanden war. Misst man solche Kranke wiederholt, dann kann man sich leicht überzeugen, dass, während alle wesentlichen Eigenthümlichkeiten stets in jeder Curve sich in gleicher Weise wiederholen, bezüglich des letzteren Punktes ein häufiger Wechsel zu beobachten ist. Forscht man genauer nach der Ursache dieses Wechsels, dann kann man leicht erkennen, dass derselbe sehr häufig parallel den bronchitischen Erscheinungen geht. Ich habe bereits wiederholt auf den Einfluss, den Bronchialkatarrhe und stärkere Schleimanhäufungen, zumal in den feineren Bronchien, auf die beiden Phasen der Athmung ausüben, hingewiesen, so dass es nicht mehr nöthig sein dürfte, jetzt nochmals hierauf zurückzukommen. Indess kann auch willkürlich fast jederzeit eine derartige Verlängerung des exspiratorischen Schenkels erzeugt werden, wie auch eine Reihe weiterer früher bereits erwähnter Momente diese zu veranlassen im Stande sind.

Ich füge ferner als in diese Reihe gehörig Figur 1 Tafel X bei. Dieselbe stammt von einem 28 Jahre alten, zur Zeit der Aufnahme dieser Curven noch ziemlich gut genährten Kaufmanne. Linkerseits waren noch keine grösseren Infiltrationsheerde nachweisbar, dagegen zeigte sich die rechte Lunge, wenn auch nicht vollständig, hepatisirt. Ausserdem bestanden seichte Larynxulcerationen in der incisura interarytaenoidea und einzelne oberflächliche längsverlaufende Geschwüre an den Stimmbändern. Die nachstehende Curve ist beiderseits in der Höhe des 4. Intercostalraumes aufgenommen. Dieselbe zeigt, wie alle bisher mitgetheilten, auf der Seite und an Stelle des Verdichtungsheerdes eine sehr beträchtlich verminderte Excursion. Der Höhenunterschied der beiderseitigen Curven beträgt hier mehr als das Doppelte. Die Athmung ist nicht beschleunigt, dagegen findet sich eine sehr ausgeprägte Athmungspause zwischen je zwei Athmungen. An der Curve der relativ gesunden Seite sind ausserdem zahlreiche Unterbrechungen in Form von einzelnen Zacken, die, wie leicht ersichtlich, den Herzbewegungen angehören. Ein plötzliches steiles Ansteigen oder ein dementsprechender Abfall, wie wir Solches an mehren der früher mitgetheilten Curven gesehen haben, wird hier nicht

beobachtet. Die zeitlichen Verhältnisse zwischen In- und Exspiration zeigen, die Pausen natürlich ungerechnet, hier kaum eine Abweichung von der Norm.

Solche Beispiele einfacher Verdichtung stellen endlich noch die Figuren Nr. 2 und 3 Tafel X dar; die grössere der Curven stellt jeweilig die Bewegungen der gesunden, die kleinere die der kranken Seite dar.

Diese wenigen hier mitgetheilten Beispiele zeigen bereits eine ziemliche Verschiedenheit; damit ist indess noch lange nicht die Breite der hier vorkommenden Variationen erschöpft. Ich enthalte mich, hier noch Beispiele anzuführen, die zeigen, dass bei kleinen Verdichtungsheerden die Verminderung der Thoraxexcursion eine entsprechend geringere ist. Stets werden beide in einem annähernd gegenseitigen Verhältnisse stehen, so lange nicht besondere Complicationen das Resultat verändern.

Einer besonderen Erwähnung an dieser Stelle bedürfen endlich noch die Cavernen. Auch hier lässt sich schon von vorneherein sagen, dass die Erscheinungen nicht in allen Fällen von Cavernenbildung die gleichen sein werden. In nicht seltenen Fällen, zumal wenn die Cavernen klein und ringsum von infiltrirtem Gewebe eingeschlossen sind, geben sie bei der graphischen Untersuchung durchaus keine anderen Resultate, als das verdichtete Gewebe selbst. Anders wird das Resultat dann sein, wenn die Caverne oberflächlich und ganz nahe der vorderen Brustwand gelegen ist und wenn eine innige und feste Verwachsung der beiden Pleurablätter an dieser Stelle besteht. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass da, wo grössere Höhlen im Lungenparenchyme bestehen, die Ausdehnung der diesen entsprechenden Thoraxstellen in der Mehrzahl der Fälle eine verminderte, nicht selten auch eine verspätete ist. Je nach den besonderen Verhältnissen des einzelnen Falles können sich noch eine Reihe weiterer Anomalieen ergeben. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse habe ich einige derartige Curven beigefügt.

Die Curve Nr. 4 Tafel X stammt von einem 23 Jahre alten Manne, der an einer chronischen Infiltration der linken

Lunge litt. Die Infiltration war nicht gleichmässig über die linke Lunge verbreitet. Der Thorax war symmetrisch; nur linkerseits befand sich im zweiten Intercostalraume eine kleine Stelle, die etwas eingezogen erschien und einer oberflächlich gelegenen Caverne entsprach. Nach auf- und abwärts von dieser Stelle waren Verdichtungsheerde nachweisbar. Die rechte Thoraxhälfte zeigte annähernd normale Verhältnisse.

Die Curve, die beiderseits im zweiten Intercostalraume aufgenommen ist, entspricht rechterseits annähernd der Norm; anders die linksseitige Curve der correspondirenden Stelle.

Während die normale rechte Seite eine inspiratorische Erhebung zeigt, zeigt die linke noch einen vollkommenen Ruhepunkt, eine Pause. Erst wenn die gesunde Seite ihre inspiratorische Wegstrecke zurückgelegt hat, beginnt auch diese sich zu heben und steigt sie nun meistens ziemlich rasch zum Curvengipfel, der eine viel geringere Höhe als auf der gesunden Seite erreicht, an. Nun bleibt sie auf dieser Höhe während eines längeren Zeitraumes, d. h. nahezu während der gesammten exspiratorischen Zeit, während also die gesunde Seite den absteigenden Curvenschenkel beschreibt. Erst wenn der letztere nahezu sein Ende auf der gesunden Seite erreicht hat, fällt auch sie rasch ab und erstreckt sich jetzt ihr Abfall noch in den Beginn der inspiratorischen Phase der gesunden Seite. Nun beginnt von Neuem eine Pause, während die gesunde Seite ihren inspiratorischen Weg längst auf's Neue betreten hat.

Dass die hier erwähnten Abnormitäten nicht eine Caverne direct beweisen, bedarf keiner speciellen Betonung. Dass aber die inspiratorische Einziehung und Pause, die exspiratorische Erhebung und die weiteren Erscheinungen mit der Annahme einer solchen leicht in Zusammenhang gebracht werden können, scheint mir keines weiteren Beweises zu bedürfen.

Ein ähnliches Verhalten stellt Figur 5 Tafel X dar, die von einer unmittelbar angrenzenden Stelle, aber zu einer anderen Zeitperiode aufgenommen wurde. Auch noch an etwas tiefer gelegenen Stellen waren wenigstens einigermassen ähnliche Verhältnisse zu beobachten, wie Curve Nr. 1 Tafel XI zeigt, die

von demselben Kranken, nur an einer etwas weiter nach abwärts gelegenen Stelle, entnommen ist. Auch hier ist eine deutliche Verspätung der inspiratorischen Erhebung der kranken Seite vorhanden, während der Curvengipfel beiderseits gleichzeitig erreicht wird; dagegen zeigt nun die kranke Seite eine inspiratorische Pause, während die gesunde bereits exspiratorisch abfällt.

Ich füge dem eine weitere Doppelcurve, Figur 2 Tafel XI, an, die von einem 19jährigen, ziemlich kräftig entwickelten Mädchen stammt, das nach seiner Angabe früher stets gesund gewesen war. Patientin kam mit einem kleinen pneumonischen Heerde der linken Lunge zur Aufnahme; die Affection machte indess unter starken febrilen Erscheinungen sehr rapide Fortschritte und war zur Zeit, als die nachstehende Curve aufgenommen wurde, der grössere Theil der linken Lunge bereits infiltrirt. Die Athmung war hochgradig beschleunigt und wie hier ersichtlich, die Bewegung der kranken Seite sehr beträchtlich reducirt. Nachstehende Curven sind beiderseits in der Höhe des zweiten Intercostalraumes aufgenommen. Ausser dieser Verminderung der Bewegung der kranken Seite zeigt sich aber noch eine deutliche Verspätung der Bewegung derselben.

Die klinische Beobachtung hatte zu dem Verdachte einer Cavernenbildung geführt, ohne dass eine solche indess mit Bestimmtheit nachgewiesen werden konnte. Die Obduction zeigte, dass die rechte Lunge frei von Adhäsionen und überall gut lufthaltig war. Dagegen war die linke Lunge verwachsen, derb und an der erwähnten Stelle eine mit gelber und röthlicher, eitriger Masse gefüllte Caverne, deren Wandungen überall von flockigen Massen bedeckt, stellenweise mehr glatt und von zahlreichen Balken noch erhaltenen Gewebes durchzogen waren.

Hier wie dort an den vorhin betrachteten Curven sehen wir demnach Verspätung der Bewegungen der kranken Seite. Dass diese kein pathognomonisches Zeichen der Cavernen ist, bedarf keiner weiteren Ausführung; gerade hier aber wird man aus leicht ersichtlichen Gründen dieser Erscheinung häufig genug begegnen.

So zeigen denn auch die Cavernen in der Mehrzahl der Fälle keine für diese characteristischen Resultate bei der graphischen Untersuchung. Indess lässt sich aus der Betrachtung einer grösseren Reihe dahin gehöriger Curven der Satz ableiten, dass, wo Höhlen bestehen, die inspiratorische Erweiterung dieser Stellen vermindert sein wird, insbesondere da, wo derbe pleuritische Schwarten dieselben einhüllen, wie diess in der grösseren Zahl der Fälle zu geschehen pflegt. Gerade an diesen Stellen aber beobachtet man ferner sehr häufig, dass sie im Beginne der Inspiration noch vollkommen unthätig sind, um dann erst ihre Erhebung zu beginnen, wenn die benachbarten oder die correspondirenden Stellen der gesunden Seite längst einen Theil des inspiratorischen Weges zurückgelegt haben. In manchen Fällen beobachtet man dann selbst im Beginne der Inspiration eine Einsinkung und dieser folgend die inspiratorische Erhebung. Diese Erscheinungen erklären sich leicht aus dem Hindernisse, das derartige, zumal mit der Umgebung fest verwachsene und bald mit weiten bald mit theilweise verstopften Bronchien in Verbindung stehende Cavernen dem Einströmen der Luft entgegenstellen. Viel wird ferner davon abhängen, ob in der Nähe der Caverne noch normales, lufthaltiges Gewebe vorhanden ist, ob die Höhle mit Schleim gefüllt ist und dergleichen mehr. Von besonderer Wichtigkeit mag endlich auch der Nachweis sein, dass die graphischen Resultate einer solchen circumscripten Stelle in kurzen Zeiträumen wechseln. Hier wird nicht eine etwas längere Dauer der Exspiration maassgebend sein, hier wird insbesondere die Höhe der Welle, wie der zeitliche Beginn der Thätigkeiten und das Verhalten der Pausen von Wichtigkeit sein.

Es gehört endlich zu den nicht seltenen Erscheinungen der Tuberculose, dass das Ineinandergreifen der höher und tiefer gelegenen Abschnitte in den Act der Athmung kein gleichzeitiges ist. Es durfte diess nach den früheren Auseinandersetzungen von vorneherein erwartet werden.

Ich begnüge mich mit diesen wenigen Bemerkungen. Haben auch hier wieder sich keine als solche für die vorliegende Krankheit characteristischen Befunde ergeben, dann mögen

sie doch dazu beitragen, zu zeigen, welche grosse Reihe von Varietäten zur Beobachtung kommen, wie mannigfaltig auch hier die Störungen der Mechanik der Athembewegungen sein können.

Dass die graphische Methode auch hier manche nicht ganz bedeutungslose Aufschlüsse zu geben befähigt ist, mag bereits aus diesen wenigen Beispielen hervorgehen.

XI.

Pyopneumothorax.

Der eben betrachteten Krankheitsgruppe schliesst, weil aus ihr am häufigsten seine Entstehung nehmend, sich auf's Unmittelbarste der Pneumothorax an.

Für die vorliegende Frage kommt zunächst nur die gewöhnliche Form, der freie Pyopneumothorax, in Betracht, während die abgesackte Form des Pneumothorax hier weniger von Interesse sein dürfte.

Ich bemerke indess gleich von vorneherein, dass ich im Ganzen nur 2 Mal Gelegenheit gehabt habe, einen freien Pneumothorax, resp. Pyopneumothorax, mittelst der graphischen Methode zu untersuchen. Den einen dieser Fälle habe ich noch mittelst meines einfachen Stethographen untersucht. Ich werde darum diesen Fall hier nicht weiter berücksichtigen, da bei dieser ersten Art der Messung ein Factor stets nicht in exacter Weise entschieden werden kann, der aber gerade hier von Bedeutung erscheint, das ist das gegenseitige zeitliche und Grössenverhältniss.

Mittelst des vorne beschriebenen Doppelstethographen habe ich nur einen einzigen Fall von freiem Pneumothorax untersucht, der auf der chirurgischen Klinik zur Beobachtung kam. Der Kranke war wegen einer Caries des Fussgelenkes auf die chirurgische Klinik aufgenommen worden. Es ergab sich, dass derselbe ausserdem an einer mässig weit vorgeschrittenen Tuberculose litt. Im Verlaufe seines Spitalaufenthaltes trat plötzlich der Pneumothorax ein, dem sehr bald ein Erguss in die Pleurahöhle nachfolgte. Ich hatte erst Gelegenheit, den Kranken mehre Tage nach Eintritt des Pneumothorax zu untersuchen. Zu dieser Zeit liess sich bereits ein Erguss

in der entsprechenden Pleurahöhle nachweisen. Ich bemerke, dass ich den Kranken indess nur ein einziges Mal mit dem graphischen Apparate untersuchen konnte. Der Kranke war bereits zur Zeit der Aufnahme dieser Curven so collabirt, dass die Untersuchung jetzt schon mit Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Bis zum folgenden Tage hatten die Dyspnoë und die Collapserscheinungen so beträchtlich zugenommen, dass ich von einer wiederholten Aufnahme stethographischer Curven abstehen musste.

Der Kranke war ein 29 Jahre alter Schuster, ziemlich stark abgemagert, von blasser Gesichtsfarbe. Die Erscheinungen der Lungentuberculose hatten einen mässig hohen Grad erreicht und waren vorzugsweise auf der rechten Seite, d. h. der Seite des später erfolgten Pyopneumothorax, entwickelt. Linkerseits waren in der Spitze Verdichtungsheerde nachweisbar.

Ich theile hier 2 Curvenpaare dieses Kranken mit. Das erste Curvenpaar Figur 3 Tafel XI ist beiderseits in der Höhe des zweiten Intercostalraumes aufgenommen. Die beiderseitigen Curven zeigen sehr beträchtliche Unterschiede. Die Curve der relativ gesunden Seite bietet im Allgemeinen normale Verhältnisse dar; nur ist auch hier die Exspiration etwas verlängert, was, wie leicht ersichtlich, nicht mit dem Pneumothorax in einen directen Zusammenhang gebracht werden kann, wohl aber mit den zu dieser Zeit ziemlich heftigen bronchitischen Erscheinungen und weiteren Momenten mehr. Die Athmung zeigt sich im Ganzen mässig beschleunigt. Der Höhenunterschied der beiderseitigen Curven ist sehr beträchtlich; die Höhe der linksseitigen relativ normalen Curve beträgt ungefähr das Dreifache der der pneumothoracischen Seite. Bemerkenswerth erscheint an dem inspiratorischen Curvenschenkel der letzteren Seite noch der Umstand, dass die momentane Geschwindigkeit gegen Ende der Inspiration öfters eine Beschleunigung erfährt, so dass sie zu dieser Zeit die schnellste im Verlaufe der ganzen inspiratorischen Wegstrecke ist, ein Verhalten, das bekanntermassen dem in der Norm beobachteten entgegengesetzt ist. Der exspiratorische Theil der Curve fällt dann bereits vom Beginne an sehr rasch ab, so dass der grösste Theil des exspiratorischen Weges mit einer grossen und annähernd gleich-

bleibenden Geschwindigkeit zurückgelegt wird. Hieran schliesst sich dann entweder unmittelbar oder nachdem die Geschwindigkeit eine kurze Zeit lang sehr bedeutend verlangsamt gewesen war, eine Pause an. Es zeigt sich demnach hier eine Pause der kranken Seite zu einer Zeit, da die gesunde Seite exspiratorisch sich verkleinert.

Die beiderseitigen Curven zeigen somit sehr beträchtliche Unterschiede nicht nur bezüglich der Grösse der Excursionen, sondern auch bezüglich der Form. Ich bemerke, dass an einer etwas weiter abwärts gelegenen Stelle der Unterschied der beiderseitigen Excursionsgrösse noch beträchtlicher war. Dort verhielt sich die gesunde Seite zur kranken wie 8 : 1 und erfolgte auf der kranken Seite das Ansteigen zwar gleichfalls mit ziemlicher Schnelligkeit, der Abfall dagegen weit langsamer.

Ganz anders dagegen gestalteten sich die graphischen Resultate an weiter abwärts gelegenen Stellen, an Stellen, die mehr oder minder bereits unter dem Drucke der angesammelten Flüssigkeit standen. Diese gleich zu erwähnenden Eigenthümlichkeiten wurden in dem Maasse deutlicher, als eine weiter abwärts gelegene Stelle gemessen wurde. Nachstehende Doppelcurve, Figur 4 Tafel XI, ist beiderseits in der Höhe des 6. Intercostalraumes aufgenommen. Vorerst zeigt sich, dass die inspiratorische Erhebung auch der relativ gesunden Seite eine beträchtlich geringere als an der früher erwähnten Stelle ist. Im Uebrigen zeigt diese Curve analoge Verhältnisse wie die oben mitgetheilte, nur dass hier die Exspiration etwas mehr als dort verlängert erscheint. Ganz anders sind die Verhältnisse der rechtsseitigen correspondirenden Stelle.

Scheinbar bleibt die Excursionsgrösse der kranken Seite kaum wesentlich hinter der der gesunden Seite zurück; indess ergibt eine genauere Betrachtung Folgendes: In dem Momente, in dem die gesunde Seite inspiratorisch sich erhebt, sinkt die kranke Seite an der erwähnten Stelle beträchtlich ein; erst einige Zeit später erfolgt auch hier eine inspiratorische Erhebung, die beträchtlicher als das vorherige inspiratorische Einsinken ist. Sie erreicht dann ihren Curvengipfel verspätet gegenüber der gesunden Seite. Statt aber nun, wie die Normalseite, sofort in die Exspiration überzugehen, bleibt sie auf

dieser Höhe eine beträchtlich lange Zeit, bei weitem die längste Zeit der Gesammtathmung. Der Beginn der Pause fällt demnach in die exspiratorische Phase der gesunden Seite. Diese Pause dauert nun fast während der ganzen Dauer der Exspiration auf der gesunden Seite an. Erst wenn dort die Exspiration ihrem Ende entgegengeht, beginnt auch die kranke Seite exspiratorisch sich zu senken. Die Geschwindigkeit, mit der sie jetzt ihren abwärts gehenden Weg zurücklegt, ist ungefähr derjenigen gleich, die sie auch bei dem inspiratorischen Ansteigen zeigte. So kommt es, dass das Einsinken noch zu einer Zeit andauert, in der die gesunde Seite bereits von Neuem den inspiratorischen Weg anzutreten beginnt, oder mit anderen Worten, diese Stelle erfährt ein weiteres Einsinken zu der Zeit, da die gesunde Seite bereits inspiratorisch sich erhebt.

Ich unterlasse es, eine ausführliche Erklärung dieser Formabweichungen hier zu geben, um so mehr, da diess bis jetzt der einzige Fall von freiem Pyopneumothorax war, den ich mit dem Doppelstethographen zu untersuchen Gelegenheit hatte. Ich erinnere nur daran, dass die hier gefundenen Verhältnisse in mannichfacher Beziehung eine Analogie mit denjenigen zeigen, die wir bei Betrachtung der graphischen Resultate von hochgradigen pleuritischen Exsudaten bereits früher kennen gelernt haben.

Bezüglich des Obductionsbefundes dieses Falles habe ich nur noch zu erwähnen, dass derselbe die Diagnose des Pyopneumothorax bestätigte. Ohne die weiteren für die vorliegende Frage bedeutungslosen Resultate desselben hier anzuführen, erwähne ich, dass die rechte Lunge vollständig collabirt und atelectatisch war. Dieselbe war nach vorne, oben und seitlich an die Brustwand angelöthet. Die in der Pleurahöhle befindliche Luftmenge war nur noch eine geringe; dagegen fand sich eine beträchtliche Quantität trüber, eitriger Flüssigkeit daselbst vor. Die linke Lunge zeigte nur in der Spitze Verdichtungsheerde und eine ringsum von verdichtetem Gewebe umschlossene, kleine Caverne.

Ich unterlasse es, Curven eines zweiten Falles von Pneumothorax, den ich in letzter Zeit wiederholt zu untersuchen Gelegenheit fand, mitzutheilen. Der Pneumothorax war hier ein

abgesackter und dementsprechend fehlte auch eine Erweiterung dieser Seite, wie die genauere Messung des Thoraxumfanges ergab. Die graphische Untersuchung zeigte demgemäss auch von den oben mitgetheilten wesentlich abweichende Resultate. An jeder Stelle der afficirten Seite fand noch eine, wenn auch theilweise sehr geringe inspiratorische Erweiterung statt; die Differenz der Inspirationsgrösse auf der gesunden und kranken Seite war eine beträchtliche; die Erweiterung im Bereiche der afficirten Stelle war nur eine minimale. Beachtenswerth erschien ferner in diesem Falle der langsame Uebergang der In- in die Exspiration. Im Uebrigen entsprachen die hier gefundenen Verhältnisse denjenigen, wie wir sie sonst bei pleuritischen Exsudaten zu sehen gewohnt sind.

In den voranstehenden Blättern glaube ich die wichtigsten der hier in Frage kommenden Störungen der Athmungsmechanik in Kürze besprochen zu haben; auf alle hier sich aufdrängenden Fragen in extenso einzugehen, war nicht in meiner Absicht gelegen. Ich habe darum auch eine genauere Sonderung aller speciellen Krankheitsformen unterlassen; für die Störung der Thoraxbewegungen und darum auch für die Resultate der graphischen Untersuchung wird es z. B. von völlig gleichem Einflusse sein, welcher Natur eine Infiltration des Lungengewebes ist; ob es sich um ein Carcinom der Lunge, um einen hämorrhagischen Infarct oder eine pneumonische Verdichtung derselben und dergleichen handelt, die Störung der Athmungsmechanik wird in allen diesen Fällen die gleiche sein, wenn beide einen gleich grossen Abschnitt des Lungengewebes einnehmen; es muss ebenso das gleiche Resultat sich ergeben, ob eine Flüssigkeitsansammlung der Pleurahöhle seröser, hämorrhagischer, purulenter oder sonst welcher Natur ist. Wie die Percussion hier wie dort die gleiche Schallabweichung von der Norm gibt, da auch sie nur das physicalische Verhalten zu ent-

ziffern vermag, so werden anatomisch differente Processe unter Umständen die gleichen Störungen der Athmungsmechanik hervorrufen und damit auch gleiche stethographische Resultate ergeben müssen. Diess der Grund, warum ich nicht jede einzelne Krankheitsform mit Bezug auf ihre stethographischen Resultate als den Ausdruck der Störung der Athmungsmechanik ausführlicher besprochen habe.

Dass ich die Breite der hier vorkommenden Abweichungen noch lange nicht erschöpft habe, obwohl die Zahl der von mir aufgenommenen Curven eine sehr beträchtliche ist, da sie bereits nach Tausenden zählen, bin ich mir wohl bewusst; indess glaube ich die wichtigeren und häufigeren dieser Formabweichungen vorgeführt zu haben.

Ich habe mich hier nur auf die Betrachtung der wichtigsten Respirationskrankheiten beschränkt; es kann kein Zweifel sein, dass auch eine grosse Reihe anderer krankhafter Processe, so insbesondere Erkrankungen des Herzens, des Mediastinums, ferner Erkrankungen der Unterleibsorgane und dergleichen, die Athmung beeinflussen können. Ein ausführlicheres Eingehen auf alle diese Formen würde hier zu weit führen: das Wichtigste dieser Verhältnisse habe ich bereits früher in Kürze angedeutet.

Dagegen dürfte hier noch eine andere Erkrankungsform, obwohl nicht zu den eigentlichen Respirationskrankheiten gehörig, einer kurzen Besprechung werth erscheinen, da sie in directer Weise den Respirationsmechanismus zu stören im Stande ist, das ist die Lähmung der Inspirationsmuskeln.

XII.

Die Lähmung der Inspirationsmuskeln.

Eine mehr oder minder vollständige Lähmung der Inspirationsmuskeln kann durch alle diejenigen Processe, die das respiratorische Centrum in der medulla oblongata zu schädigen vermögen, hervorgebracht werden, so insbesondere durch Verletzungen der Halswirbelsäule, durch Geschwülste und dergleichen mehr.

In mehr partieller Weise sehen wir derartige Lähmungen auf einzelne Inspirationsmuskeln beschränkt bei den verschiedensten peripheren Leitungsstörungen, so z. B. für einzelne Intercostalmuskeln bei gewissen Formen der Pleuritis exsudativa. Zu den nicht ganz seltenen Formen der partiellen Lähmung von Inspirationsmuskeln gehört ferner die Lähmung des Zwerchfells. Eine partielle Lähmung desselben hat man zuweilen Gelegenheit bei den höheren Graden der Pleuritis exsudativa, zumal wenn diese längere Zeit bestanden hat, als halbseitige zu beobachten; auch beim Pyopneumothorax darf ein derartiges Verhalten erwartet werden. Wiederholt ist von einzelnen Beobachtern auf die nach längerem Bestande solcher Exsudate auftretende Atrophie des Zwerchfellmuskels auf der Seite des Exsudates hingewiesen worden.

Indess unterscheiden sich die eben erwähnten Fälle von den reinen selbstständigen Formen der Zwerchfellparalyse wesentlich mit Bezug auf die dadurch veranlasste Störung der Athmungsmechanik; der hier von vorneherein bestehende höhere Druck und der tiefere Stand des Zwerchfells in Folge der mechanischen Ausdehnung lassen diese Fälle zum Studium der durch

die Zwerchfellparalyse veranlassten Aenderung der Athmungsmechanik weniger geeignet erscheinen.

Die isolirten Zwerchfelllähmungen zeigen, wie *Duchenne* zuerst gezeigt hat, ganz bestimmte characteristische Symptome. Ich habe selbst nicht Gelegenheit gehabt, einen derartigen Fall graphisch zu untersuchen. Man wird aber erwarten dürfen, dass hier bei Aufnahme von Respirationscurven das umgekehrte Verhalten sich ergeben wird, wie in der Norm, inspiratorische Abwärtsbewegung des Hebels und exspiratorische Erhebung desselben. Das Bild der unvollständigen Paralyse wird sich dadurch markiren, dass die ruhige Respiration noch keine oder eine nur mässige inspiratorische Abwärtsbewegung zeigt; bei tiefen Inspirationen werden die eben erwähnten Abweichungen sich deutlicher hervorheben.

Derartige unvollständige Paralysen als secundärer Zustand finden sich bei verschiedenen Krankheiten der Respirationsorgane. Die Lähmung ist dann meistens eine bloss einseitige und gerade dieser letztere Umstand ermöglicht einen directen Vergleich mit dem normalen Verhalten. Von diesen secundären, unvollständigen Paralysen können wir hier um so mehr absehen, als sie zum Theil schon bei Beschreibung mancher der früher erwähnten Zustände in Betracht kamen und als anderntheils diese Formen nicht uncomplicirt erscheinen.

Um reine Formen dieser partiellen Paralysen zu erhalten, habe ich eine Anzahl von Kranken, die an halbseitiger apoplectischer Lähmung litten und deren Respirationsorgane als vollkommen gesund sich erwiesen, mittelst des Doppelstethographen untersucht. Von den automatischen Bewegungen gilt zwar im Allgemeinen, dass dieselben bei Apoplexieen in der Regel keine erhebliche Beeinträchtigung erfahren. In der grösseren Zahl der Fälle sehen wir darum die Verdauung, die Athmung, die Circulation u. s. w. in ziemlich ungestörter Weise von Statten gehen; nur bei sehr hochgradigen Formen von apoplectischer Lähmung kann man sich bereits durch die blosse Inspection von der verminderten Thätigkeit eines Theiles der Inspirationsmuskeln überzeugen. Gleichwohl durfte man erwarten, dass auch in Fällen einer weniger vollkommenen apoplectischen Lähmung, in denen das Auge noch keine

Differenz der beiderseitigen Thoraxexcursionen zu erkennen im Stande ist, verfeinerten Hülfsmitteln es gelingen werde, derartige, wenn auch weniger hochgradige, Lähmungen zu entdecken.

Ich habe nach dieser Richtung alle diejenigen Kranken untersucht, die mit apoplectischen Lähmungen behaftet mir zur Beobachtung kamen. In manchen, zumal leichteren Fällen habe ich keine Differenz der beiden Seiten erkennen können. In anderen dagegen haben sich deutliche Unterschiede ergeben und zwar bereits in Fällen, in denen bei directer Betrachtung noch keine zu erkennen waren. Ich habe mich dabei stets einer stärkeren Vergrösserung bedient, um die Unterschiede deutlicher hervortreten zu lassen. Einen Fall einer vollständigen Paralyse der Intercostalmuskeln habe ich unter meinen Beobachtungen nicht auffinden können; gerade für diese Fälle bedarf es indess kaum feinerer Hülfsmittel.

Als Beispiel einer derartigen unvollständigen Lähmung der Intercostalmuskeln führe ich Curve Nr. 1 Tafel XII an. Dieselbe stammt von einem 44 Jahre alten Schreiber, der an einer Lähmung der beiden rechtsseitigen Extremitäten in Folge einer vor mehr als einem Jahre stattgehabten Apoplexie litt. Die Lähmung der rechtsseitigen Extremitäten war eine fast vollständige; die Respirationsorgane zeigten sich vollkommen normal; bei der einfachen Besichtigung der Thoraxbewegungen war keine Differenz der beiden Seiten zu constatiren. Die graphische Untersuchung zeigte indess, dass die rechte Thoraxhälfte sich nicht ganz in der gleichen Weise wie die linke an der inspiratorischen Erweiterung betheiligte.

Die beiderseitigen Curven zeigen in diesem Falle nur in Betreff der Wellenhöhe Unterschiede; in andern Fällen zeigten sich auch bezüglich der Wellenform Unterschiede, der Art, dass der Beginn der inspiratorischen Erhebung verspätet und die Ascensionslinie dann, zumal gegen Ende, steiler als auf der gesunden Seite erfolgte, dass in gleicher Weise der Abfall der kranken Seite ein beschleunigter war. Häufiger zeigte sich indess nur eine Verminderung der inspiratorischen Erhebung.

Vorübergehend erwähne ich noch eines Falles, bei dem in Folge einer Halsmarkverletzung eine derartige Verminderung der Thätigkeit der Intercostalmuskeln zu Stande gekommen war. Der betreffende Kranke, ein 22jähriger Schreiner, hatte mittelst eines Messers einen Stich in den Nacken, eine kleine Strecke unterhalb des Hinterhauptbeines, erhalten. Der Stich verlief von der rechten Seite in schräger Richtung nach links hin. Gleich nachher trat in vollständigster Weise derjenige Symptomencomplex ein, der von *Brown-Sequard*,[1]) von *v. Bezold*[2]) u. A. bei halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks an Thieren erhalten worden war, wie er auch weiterhin durch eine Reihe von zum Theil durch Obductionsbefunde gestützten Beobachtungen am Menschen von *Brown-Sequard*,[3]) *Müller*[4]) u. A. als für diesen zutreffend erwiesen wurde.

Die wesentlichsten Symptome dieses Falles waren kurz folgende: Auf der linken Körperhälfte: Lähmung aller Muskeln mit Ausnahme der Musculatur des Kopfes und des Halses; in diesem ganzen Bereiche der Lähmung hochgradige Hyperästhesie gegen Tast-, Temperatur- und Schmerzgefühl, kurz gegen jede Art von Empfindung; ferner erhöhte Reflexerregbarkeit; im weiteren Verlaufe Atrophie der linksseitigen Musculatur, dementsprechend Temperaturherabsetzung dieser Körperhälfte.

Auf der andern Körperhälfte: Fast vollkommene Anästhesie gegen jede Art von Empfindung, mit Ausnahme des Kraftsinnes, (Gefühl für Gewichtsdifferenzen), dagegen vollkommenes Erhaltensein der Beweglichkeit in den Theilen, die mit denjenigen correspondirten, welche auf der andern Seite gelähmt

---

[1]) Journal de la physiologie. T. I. p. 139. 1858. p. 176. Archives de physiologie 1868—1870.

[2]) Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XI. p. 307.

[3]) Journal de la physiologie de l'homme et des animaux. Vol. VI. 1863—1865. pag. 124—145, 232—248, 581—646.

[4]) Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks. Zur Feier des 25jährigen Amtsjubiläums des Geh. Hofraths Herrn Dr. *Fr. Ried*, Prof. Im Auftrage der med. Facultät der Universität Jena dargebracht von *W. Müller*. Leipzig. 1871.

waren.[1]) Daraus konnte mit Sicherheit entnommen werden, dass der Stich, der von der rechten Seite eingegangen war, zunächst die linke Seite des Halsmarks durchtrennt hatte.

Ich habe bei diesem Kranken wiederholt versucht, stethographische Curven aufzunehmen. Die Mehrzahl dieser Versuche misslangen wegen der ungeheuer gesteigerten Reflexerregbarkeit, die bei dem geringsten Anlasse zu starkem Zittern der Extremitäten und selbst des Rumpfes führte. Erst nachdem diese motorische Aufregung nach wiederholter subcutaner Injection von Tinctura Fowleri, zu deren Anwendung ich durch die in neuerer Zeit von *Eulenburg*[2]) mitgetheilten Erfahrungen über dessen günstige Erfolge in der Therapie des Tremors veranlasst worden war, sich etwas gemildert hatte, gelang es einigermassen brauchbare Respirationscurven dieses Kranken zu gewinnen. Eine solche Curve stellt Figur 2 Tafel XII dar. Die Curven sind beiderseits in der Höhe des 3. Intercostalraumes aufgenommen. Die rechte Thoraxhälfte zeigt normale Verhältnisse; linkerseits ist dagegen die Bewegung sehr beträchtlich vermindert, so dass die hier gezeichnete Linie fast gleich einer Nulllinie ist, die nur hie und da von einem kleinen Höcker unterbrochen wird. Die inspiratorische Erhebung ist demnach an dieser Stelle eine äusserst geringe im Vergleiche zu der der gesunden Seite. Sehr rasch erreicht sie ihren Gipfel, um dann sehr bald und beträchtlich früher als die gesunde Seite ihr exspiratorisches Ende zu erreichen. Der Rest der Zeit wird durch lange Pausen erfüllt.

Auch bei der progressiven Muskelatrophie hat man in denjenigen Fällen, in denen dieselbe auf die Intercostalmuskeln übergreift, Gelegenheit, das Bild der Lähmung der Intercostalmuskeln zu beobachten. Ich habe nur einen einzigen derartigen Fall mittelst des Doppelstethographen zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Dieser Fall, Figur 3 Tafel XII, war insoferne complicirt, als sich ausserdem eine Larynxverengerung vorfand, so

---

[1]) Das Nähere dieses Falles habe ich mitgetheilt in Nr. 18 der Berliner klinischen Wochenschrift. Jahrgang 1873.

[2]) *Eulenburg*, Zur Therapie des Tremor. Berliner klinische Wochenschrift. 1872. Nr. 46.

dass die von diesem Kranken gewonnene Curve gemischte Verhältnisse darbietet.

Auch diese Beobachtung bestätigt wieder in schönster Weise das an einer früheren Stelle mit Bezug auf die verschiedenen Formen der inspiratorischen Dyspnoë Erwähnte. Der inspiratorische Curvenschenkel zeigt sich im Vergleiche zum exspiratorischen in hohem Grade verlängert, während die Exspiration relativ rasch und leicht erfolgt. Nebstdem zeigen sich auch hier wieder ähnliche Verhältnisse, wie wir sie bei den bisherigen Curven gesehen haben, die von solchen Intercostalmuskelparalysen entlehnt waren. Insbesondere die Verspätung der stärkeren inspiratorischen Thätigkeit ist in diesem Falle deutlich ausgeprägt.

Anhangsweise erwähne ich noch, dass sich mir einmal Gelegenheit bot, einen Kranken zu untersuchen, der an einer hochgradigen tuberculösen Infiltration der linken Lunge mit Cavernenbildung in der Spitze litt und bei dem gleichzeitig auf der linken Körperseite eine fast vollständige Extremitätenparalyse in Folge von Hirnembolie bestand. Von vorneherein war nicht zu entscheiden, ob die Veränderungen der Athmung, die sich hier finden würden, nur eine Folge des tuberculösen Processes seien oder ob etwa gleichzeitig eine mehr oder minder vollständige Lähmung der Intercostalmuskeln existire. Jedenfalls aber durfte erwartet werden, dass, wenn zu einer hochgradigen Infiltration des Lungengewebes sich noch eine mehr oder minder hochgradige Lähmung der Intercostalmuskeln hinzu addiren würde, die inspiratorische Erweiterung dieser Stelle sich auf ein Minimum reduciren oder eine solche ganz fehlen würde. Ich bemerke gleich hier, dass die Resultate nicht an allen Stellen die gleichen waren. Die hier mitgetheilte Curve Nr. 4 Tafel XII, die beiderseits in der Höhe des 2. Intercostalraumes aufgenommen wurde, entspricht gerade einer Stelle des Thorax, unterhalb welcher sich eine Caverne befand. Eine Einziehung war indess an dieser Stelle nicht zu constatiren.

Die Curven, die beiderseits in demselben Momente und von derselben Stelle aus beginnen, zeigen, dass die beiderseitigen Bewegungen sich bis zu einem gewissen Grade kreutzen. Die Athmung ist nicht unbeträchtlich beschleunigt und die

absolute Curvenhöhe, die dem Grade der Thoraxerweiterung entspricht, eine sehr geringe. Ich bemerke noch, dass auf der rechten Seite keine ausgebreiteteren Infiltrationsherde nachweisbar waren.

Vergleicht man die Curven der beiden Seiten, so zeigt sich, dass die Curvenhöhe beiderseits kaum beträchtlich differirt; die Curve der kranken resp. linken Seite erscheint an der Stelle der Caverne eher noch grösser, als die der gesunden Seite. Die inspiratorische Erhebung beginnt beiderseits zu verschiedenen Zeiten; während die rechte Seite bereits inspiratorisch sich zu heben beginnt, zeigt die linke noch eine kurze Pause. Dann beginnt auch sie, wenn auch etwas verspätet, sich inspiratorisch zu erweitern. Während aber der inspiratorische Curvenschenkel der relativ gesunden Seite langsam und allmälig, wie es der Norm entspricht, sich erhebt, steigt der inspiratorische Schenkel der kranken Seite mit beträchtlicher und während der ganzen Inspiration fast stets gleichbleibender Geschwindigkeit bis zu seinem oberen Culminationspunkte an. Obschon diese letztere später denn die gesunde sich inspiratorisch zu heben begann, hat sie darum durch dieses steilere Ansteigen es dennoch ermöglicht, dass sie annähernd zu derselben Zeit ihren oberen Culminationspunkt erreicht, wie die gesunde Seite. Kaum auf dem Gipfel der Inspiration angekommen, tritt nun die gesunde Seite, wie es der Norm entspricht, sofort mit im weiteren Verlaufe wechselnder Geschwindigkeit ihren Rückweg an. Anders die pathologische Thoraxhälfte über der Caverne. Sie beharrt auf der am Ende der Inspiration erreichten Höhe während langer Zeit; die jetzt gezeichnete Linie ist eine gerade und stellt dementsprechend eine inspiratorische Pause, d. h. das Verharren auf der inspiratorischen Höhe dar. Erst, wenn die gesunde Seite bereits ihrem exspiratorischen Ende sich nähert, beginnt auch sie den exspiratorischen Weg anzutreten. Wie sie aber bei der Inspiration gewissermassen um der Verspätung willen rascher zum oberen Culminationspunkte anstieg, als die gesunde Seite, so auch jetzt bei der Exspiration. Mit ziemlich gleichbleibender und beträchtlicher Geschwindigkeit fällt sie auch jetzt exspiratorisch ab und ermöglicht es auf solche Weise, dass sie

annähernd zu derselben Zeit noch ihren unteren Culminationspunkt erreicht, wie die gesunde Seite.

Aehnliche Verhältnisse stellt die von demselben Kranken stammende Figur 5 Tafel XII dar, die an einer benachbarten Stelle aufgenommen wurde.

So zeigen sich denn eine Reihe beträchtlicher Unterschiede, Unterschiede, die aber kaum zu Gunsten der Annahme einer gleichzeitigen Intercostalmuskelparalyse sprechen. Einem ähnlichen Verhalten wie hier sind wir bei der graphischen Untersuchung von Cavernen bereits früher begegnet. Dasselbe lässt wohl stets darauf schliessen, dass die Höhle nicht vollständig mit Schleim und dergleichen verstopft ist. Die Caverne kann, wenn sie selbst mit grösseren Bronchien in directer Communication steht, häufig nicht sofort erweitert werden. Theils setzt der in einer gewissen Menge fast stets vorhandene Schleim in den zuführenden Bronchien Hindernisse, theils stehen auch die meist bei Cavernen vorhandenen Pleuraverwachsungen hindernd im Wege und so wird der über der Caverne gelegene Thoraxabschnitt häufig verspätet, erst secundär, zuweilen selbst in nicht unbeträchtlichem Maasse, erweitert.

In gleicher Weise besitzt die Caverne häufig nicht das Vermögen, sich activ zu verkleinern. Erst wenn die übrigen Abschnitte eine gewisse Raumbeengung erfahren haben, erst wenn diese bis zu einer bestimmten Grenze der exspiratorischen Verkleinerung gekommen sind, wird auch der über der Caverne gelegene Thoraxabschnitt eine exspiratorische Bewegung erfahren. So mag sich diese Verspätung jeder Bewegung, so mag sich insbesondere die lange inspiratorische Pause erklären.

Dass die Intercostalmuskeln hier noch bis zu einem gewissen Grade thätig sein konnten, dürfte aber insbesondere dann wahrscheinlich werden, wenn wir weiter auf- und abwärts gelegene Intercostalräume bezüglich ihrer Excursionsgrösse vergleichen. Hier zeigt sich an allen Stellen der Infiltration eine Verminderung der inspiratorischen Erhebung im Vergleiche zu der der anderen Seite; an keiner Stelle wird eine Erweiterung indess vollständig vermisst.

Können wir darum auch nicht jede Betheiligung der Intercostalmuskelnparalyse an dieser Verminderung der Bewegung

ausschliessen, so dürfte doch die Annahme Berechtigung haben, dass, wenn überhaupt eine gleichzeitige Lähmung der Intercostalmuskeln Mitursache dieser Verminderung der Bewegung sein sollte, diese hier nur eine untergeordnete Rolle spielt.

So mag denn auch für solche Fälle, in denen jegliches andere Hülfsmittel seine Dienste versagt, die graphische Methode noch manchen Aufschluss zu geben im Stande sein.

Anhang.

Die Athmung im Fieber.

Es erübrigt, hier noch mit wenigen Worten eine Frage zu berühren, die gerade in jüngster Zeit wiederholt der Gegenstand genaueren klinischen Studiums, wie experimenteller Forschung gewesen ist, ich meine die Frage, wie sich die Athmung im Fieber verhält.

Dass mit der erhöhten Körperwärme sehr häufig eine Aenderung der Athmung eintritt, ist eine den Pathologen längst bekannte Thatsache; inwieweit beide, eines das andere, bedingen, ist eine der noch nicht endgültig entschiedenen Fragen. Auch hier hat die Neuzeit sich bemüht, auf experimentellem Wege dem Verständnisse dieser Vorgänge näher zu treten. Es hat *Ackermann* [1]) zuerst auf experimentellem Wege gezeigt, dass, wenn die Temperatur eines Thieres durch Behinderung der Wärmeabgabe von seiner Körperoberfläche gesteigert wird, die Athemfrequenz beträchtlich zunimmt. Er glaubte in dieser Athembeschleunigung einen zweckmässigen Regulator erkennen zu dürfen, dessen Bestreben dahin gehe, dem Körper mehr Wärme zu entführen und seine Temperatur so wieder der Norm näher zu bringen. Die Richtigkeit dieser Beobachtungen ist weiterhin von verschiedenen Forschern bestätigt

[1]) Die Wärmeregulation im höheren thierischen Organismus, von Professor *Ackermann*. Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. II. 1867.

worden, wie auch meine vor einiger Zeit mitgetheilten experimentellen Untersuchungen[1]) über den Einfluss des Centralnervensystems auf die thierische Wärme in voller Uebereinstimmung hiermit stehen.

Auch die klinische Beobachtung zeigt, dass meistens mit der erhöhten Körperwärme eine Beschleunigung der Zahl der Athemzüge einhergeht. Allerdings lässt sich ebenso sicher constatiren, dass diese erhöhte Frequenz der Athemzüge keineswegs stets der Temperaturerhöhung parallel geht, ja dass selbst eine solche zuweilen bei beträchtlichem Fieber fast vollständig fehlt. Daraus kann indess keineswegs gefolgert werden, dass erhöhte Körperwärme und erhöhte Frequenz der Athemzüge nicht in directer Beziehung zu einander stehen. Der Schluss ist hiernach nur gestattet, dass ausser der erhöhten Körperwärme noch eine Summe weiterer Factoren dieses Symptom des Fiebers zu beeinflussen vermögen.

Sowohl klinische Beobachtung als experimentelle Forschung stimmen demnach in dem Satze überein, dass die erhöhte Körperwärme die Athemfrequenz zu steigern im Stande ist. Dagegen ist es eine der noch offenen Fragen, ob ausser der Vermehrung der Zahl der Athemzüge weitere Veränderungen, so des Rhythmus, des gegenseitigen Ineinandergreifens der einzelnen Thoraxabschnitte und dergleichen hiebei Statt haben.

Zur Entscheidung dieser Frage können natürlich nur solche fieberhafte Erkrankungen verwendet werden, in denen jegliche Anomalie der Respirationsorgane fehlt.

Ich habe eine grosse Zahl von Kranken, die an einer febrilen Temperaturerhöhung in Folge der verschiedenartigsten Affectionen litten, mittelst des graphischen Apparates bezüglich ihrer Thoraxbewegungen untersucht. Indess ist es mir nicht gelungen, eine constante Abweichung vom normalen Respirationstypus im Fieber zu beobachten.

Sehr häufig zeigten sich diejenigen Eigenthümlichkeiten, die wir früher bei Betrachtung der Curven der auch im fieberlosen Zustande beschleunigten Athmung gesehen haben. Ins-

[1]) *Riegel*, Ueber den Einfluss des Centralnervensystems auf die thierische Wärme. *Pflüger*'s Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. V. p. 629.

besondere häufig war eine grosse Unregelmässigkeit in den einzelnen Athemzügen zu beobachten, so dass tiefe mit ganz oberflächlichen Athmungen in unregelmässiger Reihenfolge abwechselten. Wiederholt hat sich auch hier eine kürzere oder längere Respirationspause ergeben, wie auch zuweilen das Verhältniss zwischen In- und Exspirationsdauer sich als gestört erwies. Alle diese Erscheinungen waren indess nicht constant; gerade dadurch lassen sich aber solche Abweichungen, die auch sonst bei gewissen Respirationskrankheiten beobachtet werden, leicht von diesen unterscheiden. Ich muss demnach, so weit meine Beobachtungen bis jetzt reichen, ausser den erwähnten durchaus nicht characteristischen und oft wechselnden Momenten weitere Veränderungen der Athmungsmechanik im Fieber in Abrede stellen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Der Doppelstethograph in perspectivischer Ansicht (ungefähr $^1/_6$ d. nat. Grösse). Die einzelnen Apparattheile sind annähernd in ihren relativen Grössenverhältnissen wiedergegeben. Diess gilt auch für das Stativ, wesshalb die bei der Beschreibung des Apparates in Betreff dieses Punktes gemachte Angabe zu corrigiren ist.

Tafel II.

Die einzelnen Theile des Doppelstethographen in geometrischer Projection. ($^1/_4$ d. nat. Grösse).

Tafel III.

Fig. 1. Normale Zwerchfellcurve eines Mannes bei gewöhnlicher Athmung.
Fig. 2. Normale Zwerchfellcurve bei beschleunigter Athmung.
Fig. 3. Normale Athmungscurve, unterbrochen von Herzbewegungen.
Fig. 4. Normale Athmungscurve, gleichfalls unterbrochen von Herzbewegungen.

Tafel IV.

Fig. 1. Athmungscurve eines mit einer sehr beträchtlichen Vergrösserung des Herzens behafteten Mannes.
Fig. 2. Curve vom manubrium sterni eines gesunden Mädchens.
Fig. 3. Doppelcurve eines 17jährigen gesunden Mädchens, a) die Bewegungen des manubrium sterni, b) die des processus ensiformis darstellend.

Fig. 4. Curve eines Kranken mit hochgradiger Laryngostenose, auf dem Sternum aufgenommen. Der absteigende Schenkel (a) stellt die Inspiration, der aufsteigende (b) die Exspiration dar.

Fig. 5. Curve eines Kranken mit hochgradiger Laryngostenose, gleichfalls auf dem Sternum aufgenommen. a) Inspiration, b) Exspiration.

Tafel V.

Fig. 1. Curve eines mit hochgradiger Laryngostenose behafteten Kranken bei rasch zunehmender Dyspnoë. a) Inspiration, b) Exspiration.

Fig. 2. Zwerchfellcurve eines Emphysematikers.

Fig. 3. Emphysemcurve.

Fig. 4. Emphysemcurve bei beschleunigter Athmung.

Tafel VI.

Fig. 1. Doppelcurve eines Emphysematikers, a) die Bewegungen des Zwerchfells, b) die des manubrium sterni darstellend.

Fig. 2. Doppelcurve eines Emphysematikers, a) die Bewegungen des manubrium sterni, b) die des processus ensiformis darstellend.

Fig. 3. Doppelcurve eines Emphysematikers, a) die Bewegungen des manubrium sterni, b) die des processus ensiformis darstellend.

Fig. 4. Doppelcurve eines Emphysematikers, a) die Bewegungen des Zwerchfells, b) die des manubrium sterni darstellend.

Tafel VII.

Fig. 1. Doppelcurve eines Kranken mit einem rechtsseitigen pleuritischen Exsudate, beiderseits in der Höhe des 5. Intercostalraumes aufgenommen. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der gesunden, die Curve (b) die der kranken Seite dar.

Fig. 2. Doppelcurve einer Kranken mit linksseitiger Thoraxeinziehung in Folge einer abgelaufenen Pleuritis. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der rechten, die Curve (b) die der linken Seite dar. Die Curve ist beiderseits in der Höhe der 4. Rippe aufgenommen.

Fig. 3. Doppelcurve gleichfalls bei linksseitiger Thoraxeinziehung, a) die Bewegungen der rechten, b) die der linken Seite darstellend. Die Curve ist beiderseits in der Infraclaviculargegend aufgenommen.

Fig. 4. Doppelcurve eines Kranken mit rechtsseitiger Thoraxeinziehung in Folge einer abgelaufenen Pleuritis. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der gesunden, die Curve (b) die der kranken Seite dar. Die Curve ist beiderseits im 3. Intercostalraume aufgenommen.

Tafel VIII.

Fig. 1. Doppelcurve eines Kranken mit linksseitiger Thoraxeinziehung, beiderseits in der Höhe des 2. Intercostalraumes aufgenommen. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der gesunden, die Curve (b) die der kranken Seite dar.

Fig. 2. Doppelcurve desselben Kranken, beiderseits in der Höhe der 5. Rippe aufgenommen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der kranken Seite darstellend.

Fig. 3. Doppelcurve eines Kranken mit linksseitiger Pneumonie, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der hepatisirten Seite darstellend.

Fig. 4. Doppelcurve eines Kranken mit rechtsseitiger Pneumonie, a) die Bewegungen der normalen, b) die der hepatisirten Seite darstellend.

Tafel IX.

Fig. 1. Doppelcurve eines Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der infiltrirten Seite darstellend. Die Curve ist beiderseits in der Höhe des 2. Intercostalraumes aufgenommen.

Fig. 2. Doppelcurve eines Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der kranken Seite darstellend. Die Curven sind beiderseits in der Höhe der 2. Rippe aufgenommen.

Fig. 3. Doppelcurve eines Kranken mit Tuberculose und Laryngostenose. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der relativ gesunden, die Curve (b) die der infiltrirten Seite

dar. Die Curven sind beiderseits in der Infraclaviculargegend aufgenommen.

Fig. 4. Doppelcurve eines Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der kranken Seite darstellend. Die Curven sind beiderseits in der Infraclaviculargegend aufgenommen.

Tafel X.

Fig. 1. Doppelcurve eines Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der infiltrirten Seite darstellend. Die Curve ist beiderseits in der Höhe des 4. Intercostalraumes aufgenommen.

Fig. 2. Doppelcurve einer Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der infiltrirten Seite darstellend.

Fig. 3. Doppelcurve eines gleichfalls mit Tuberculose behafteten Kranken. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der gesunden, die Curve (b) die der infiltrirten Seite dar.

Fig. 4. Doppelcurve eines Kranken mit chronischer Infiltration und Cavernenbildung der linken Lunge. Die Curve (a) entspricht der normalen Seite, die Curve (b) derjenigen Stelle, unter der die Caverne lag.

Fig. 5. Doppelcurve desselben Kranken. Die Curve (a) entspricht der normalen Seite, die Curve (b) derjenigen Stelle, unter der die Caverne lag.

Tafel XI.

Fig. 1. Doppelcurve eines Tuberculösen, a) die Bewegungen der gesunden, b) die der kranken Seite darstellend.

Fig. 2. Doppelcurve eines tuberculösen Mädchens. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der normalen Seite, die Curve (b) die Bewegungen einer Stelle, unter der sich eine Caverne befand, dar.

Fig. 3. Doppelcurve eines Kranken, der einen rechtsseitigen Pneumothorax hatte. Die Curve ist beiderseits in der Höhe des 2. Intercostalraumes aufgenommen. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der relativ normalen, die Curve (b) die der pneumothoracischen Seite dar.

Fig. 4. Doppelcurve desselben Kranken, beiderseits im 6. Intercostalraume aufgenommen. Figur (a) stellt die Beweg-

ungen der relativ normalen, Figur (b) die der pneumothoracischen Seite dar.

Tafel XII.

Fig. 1. Doppelcurve eines an apoplectischer Lähmung Leidenden. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der normalen, die Curve (b) die der gelähmten Seite dar.

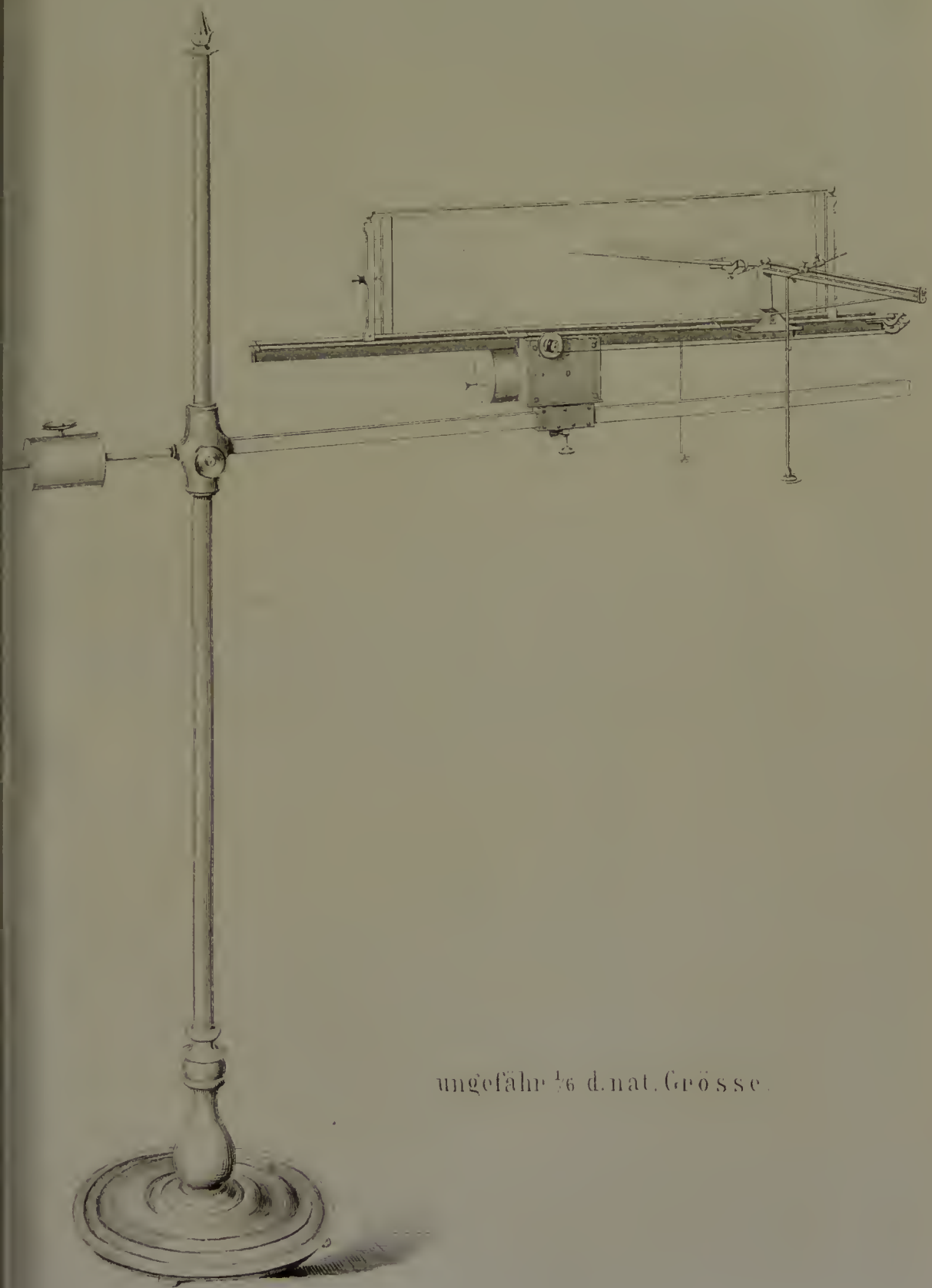
Fig. 2. Doppelcurve eines Kranken, der in Folge einer Halsmarkverletzung an halbseitiger Körperlähmung litt. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der normalen, die Curve (b) die der gelähmten Seite dar.

Fig. 3. Doppelcurve eines Kranken, der an progressiver Muskelatrophie, besonders der rechtsseitigen Schulter- und theilweise auch der Intercostalmuskeln litt; gleichzeitig bestand hier eine Larynxstenose, woraus sich die beträchtlich verlängerte Inspiration erklärt. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der linken, die Curve (b) die der rechten Seite dar.

Fig. 4. Doppelcurve eines Kranken, der gleichzeitig an tuberculöser Infiltration der linken Lunge mit Cavernenbildung und linksseitiger Extremitätenlähmung litt. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der gesunden, die Curve (b) die der kranken Seite, gerade über der Caverne, dar.

Fig. 5. Doppelcurve desselben Kranken, an einer benachbarten Stelle aufgenommen. Die Curve (a) stellt die Bewegungen der normalen, die Curve (b) die der kranken Seite dar.

F. E. Thein'sche Druckerei



ungefähr 1/6 d. nat. Grösse.

Fig. 4

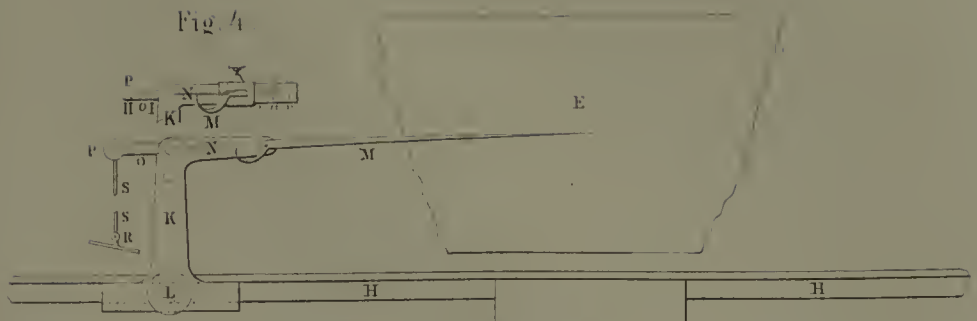


Fig. 3.

Fig. 1.

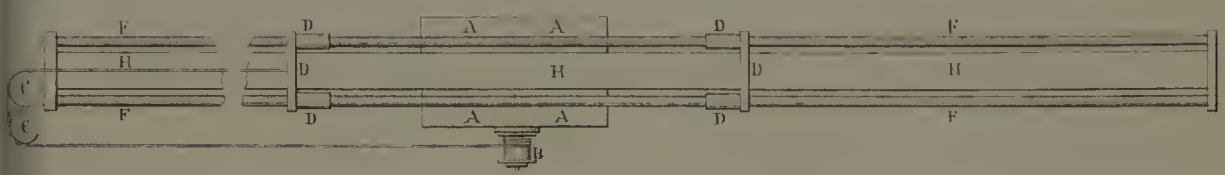
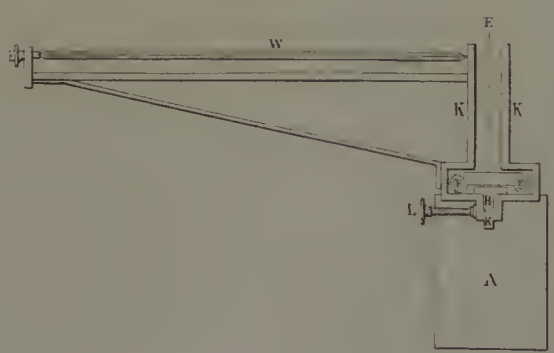
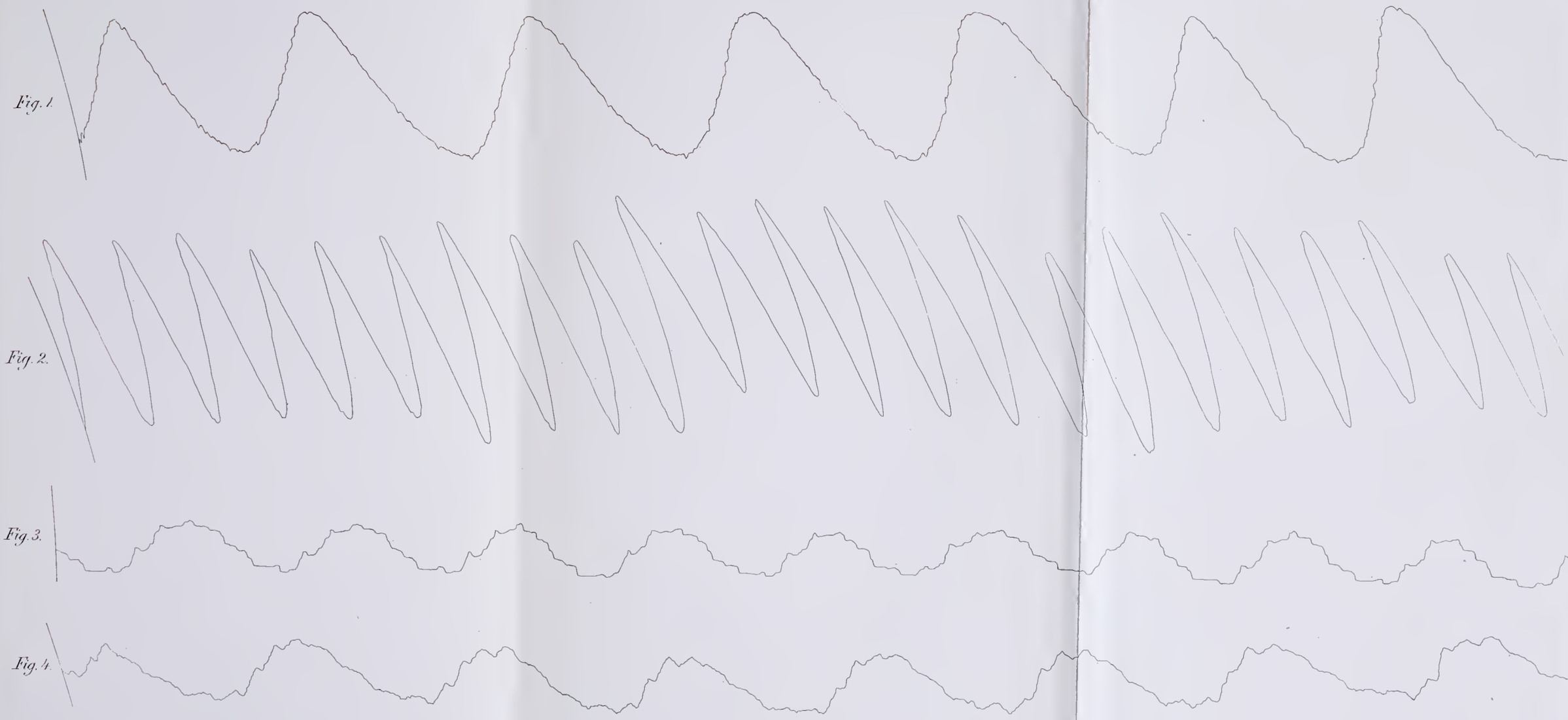


Fig. 2.



1/4 d. nat. Grösse.



Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg. Würzburg.

Riegel, Athembewegungen.

F.E.Thein'sche Druckerei, Würzburg.

Fig. 1.

a. Inspiration. b. Exspiration.

Fig. 2.

Fig. 3.

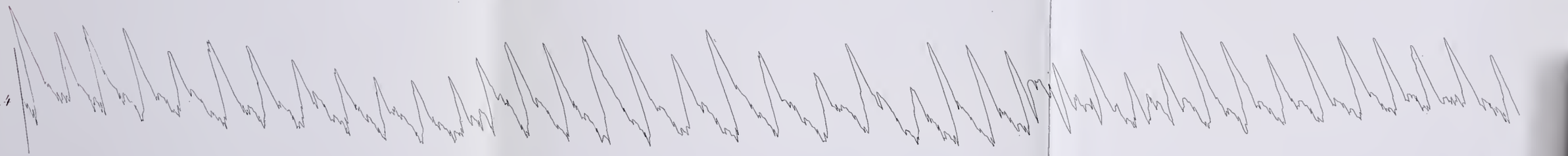
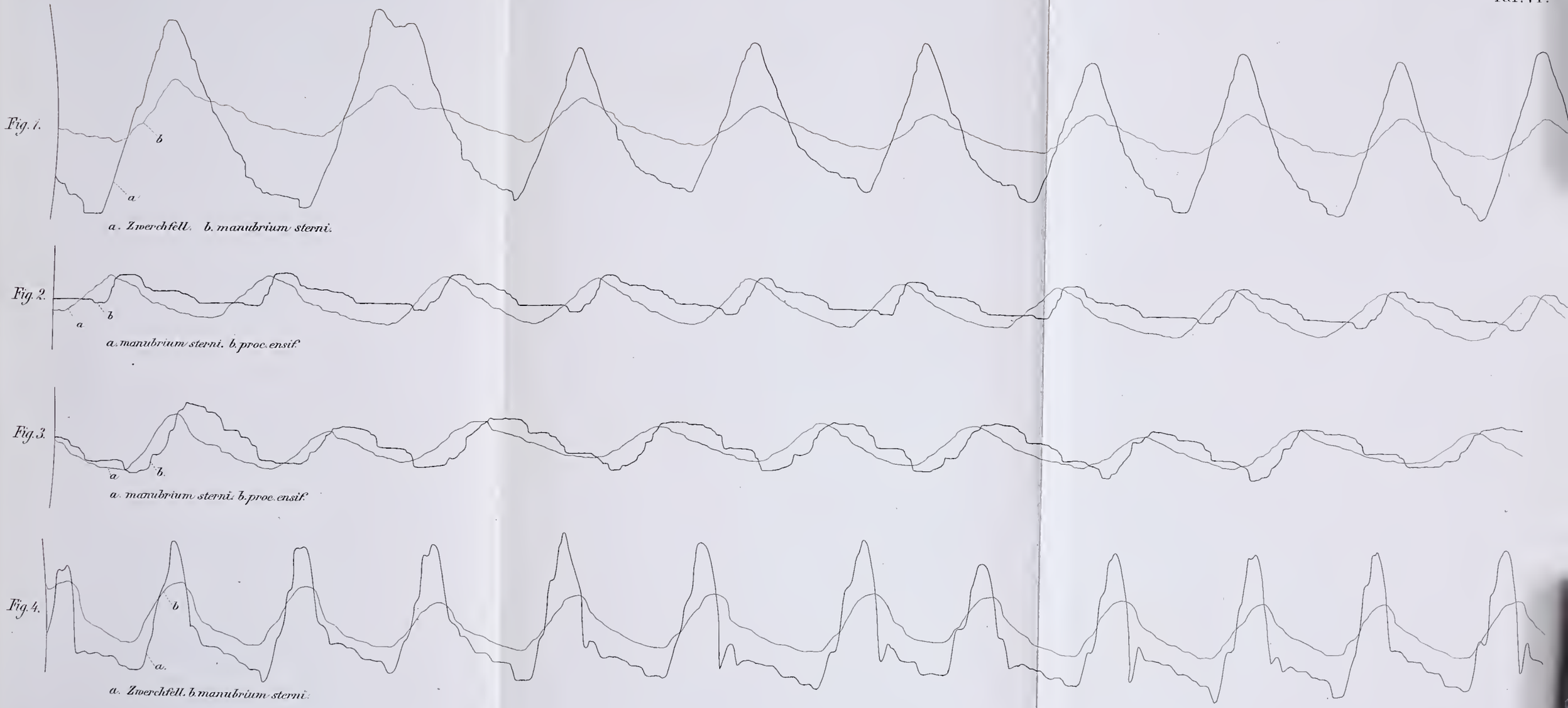


Fig. 4

Riegel, Athembewegungen.

Verlag v. A. Stubers Buchhdlg Würzburg

F.E. Thein'sche Druckerei, Würzburg



Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg. Würzburg.

Riegel, Athembewegungen.

F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg.

Fig. 1.

a. gesunde b. kranke Seite.

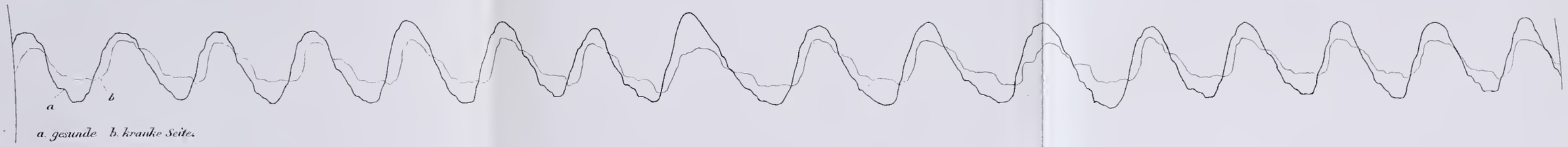


Fig. 2.

a. gesunde b. kranke Seite.

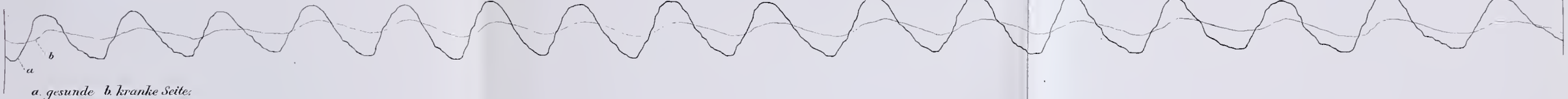


Fig. 3.

a. gesunde b. kranke Seite.

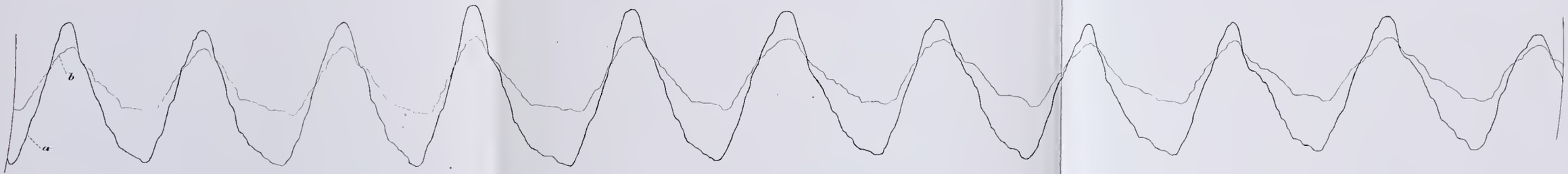


Fig. 4.

a. gesunde b. kranke Seite.

Verlag v A. Stuber's Buchhdlg. Würzburg

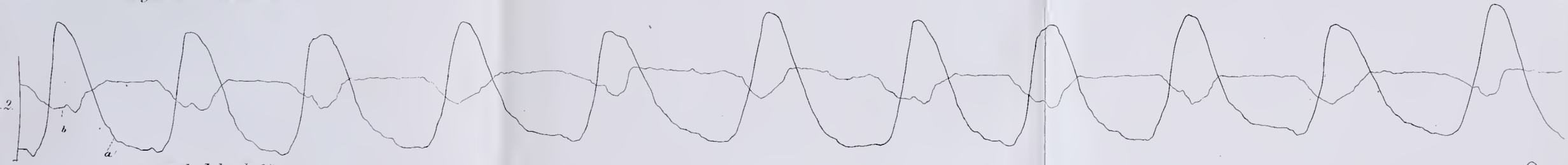
Riegel, Athembewegungen.

F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg

Fig. 1.

a. gesunde b. kranke Seite.

Fig. 2.

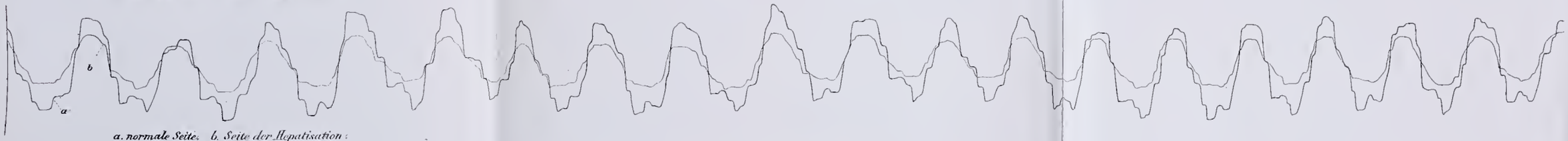


a. gesunde b. kranke Seite.

Fig. 3.

a. normale Seite. b. Seite der Hepatisation.

Fig. 4.



a. normale Seite. b. Seite der Hepatisation.

Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg. Würzburg

Riegel, Athembewegungen.

F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg

Fig. 1.

a. gesunde b. infiltrirte Seite.

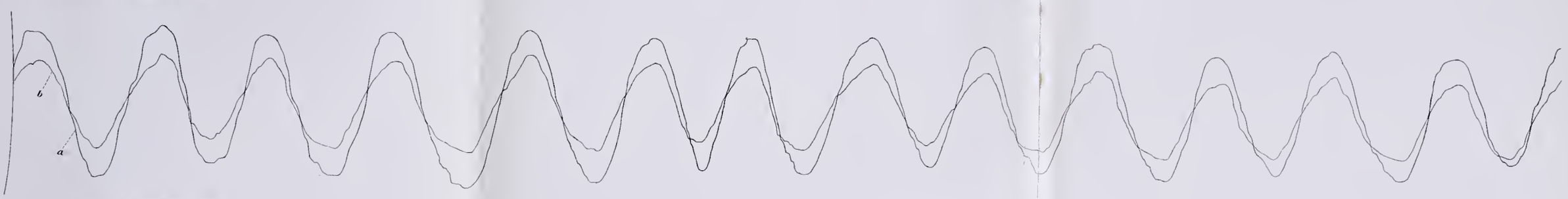


Fig. 2.

a. gesunde b. infiltrirte Seite.

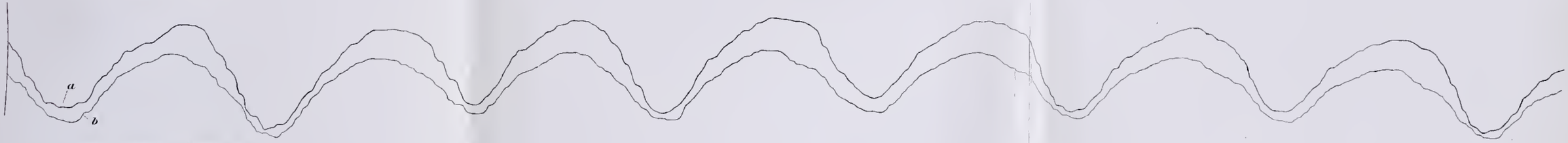


Fig. 3.

a. relativ gesunde b. kranke Seite.

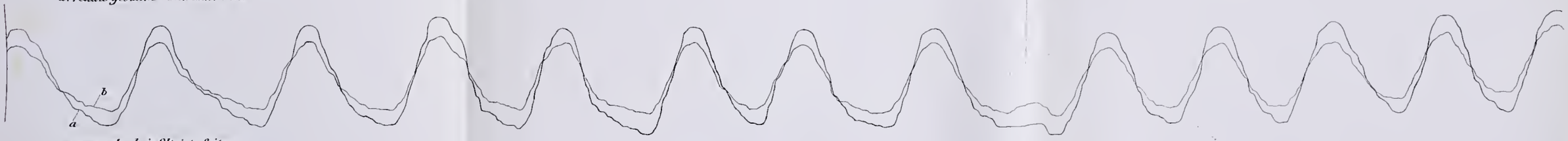


Fig. 4.

a. normale b. infiltrirte Seite.

Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg, Würzburg

Riegel, Athembewegungen.

F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg

Fig. 1. a. normale b. infiltrirte Seite.

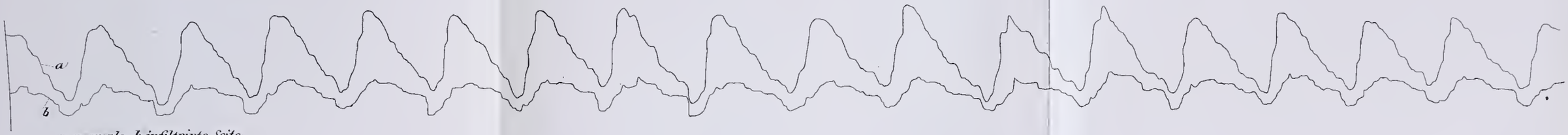


Fig. 2. a. normale b. infiltrirte Seite.

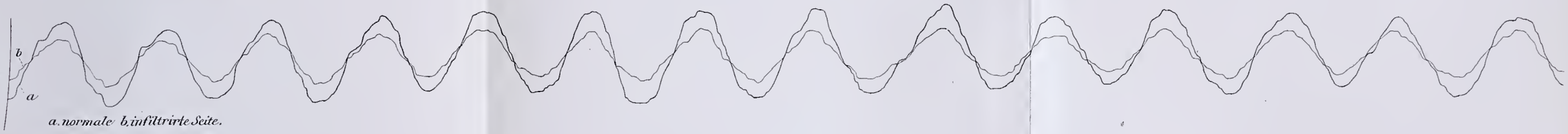


Fig. 3. a. normale b. infiltrirte Seite.

Fig. 4. a. normale Seite b. Bewegung über einer Caverne.

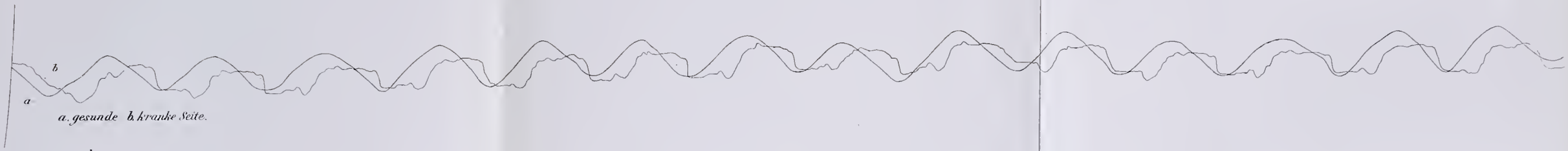
Fig. 5. a. gesunde b. kranke Seite.

Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg., Würzburg

Riegel, Athembewegungen.

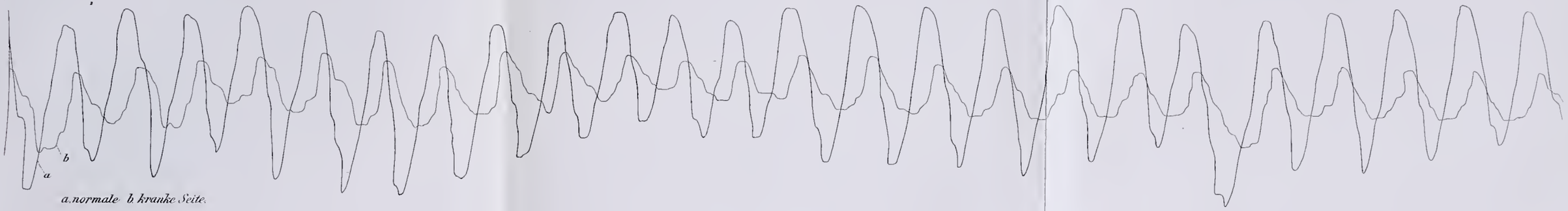
F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg.

Fig. 1.



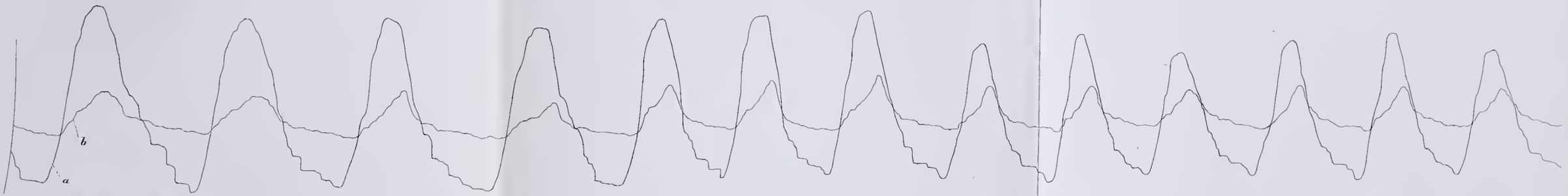
a. gesunde b. kranke Seite.

Fig. 2.



a. normale b. kranke Seite.

Fig. 3.



a. normale b. kranke Seite.

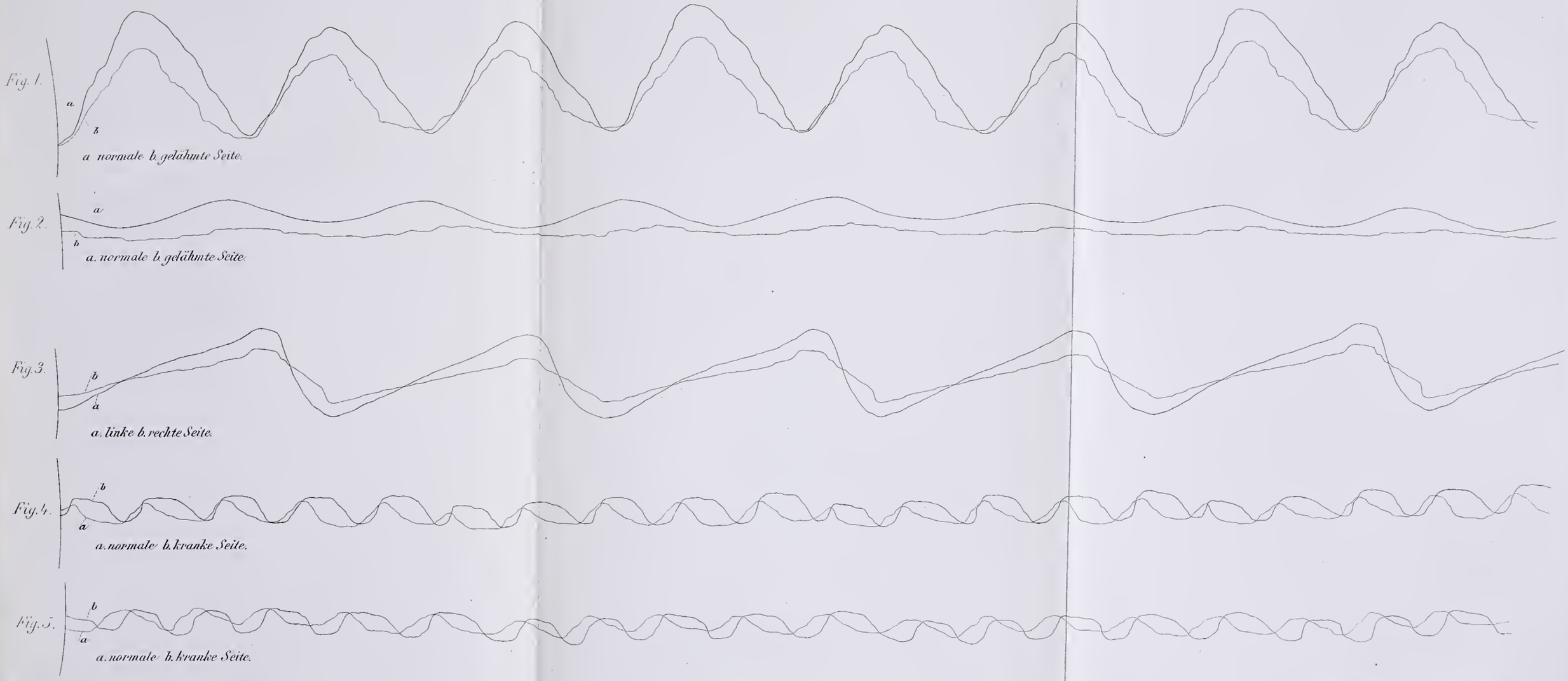
Fig. 4.

a. gesunde b. kranke Seite.

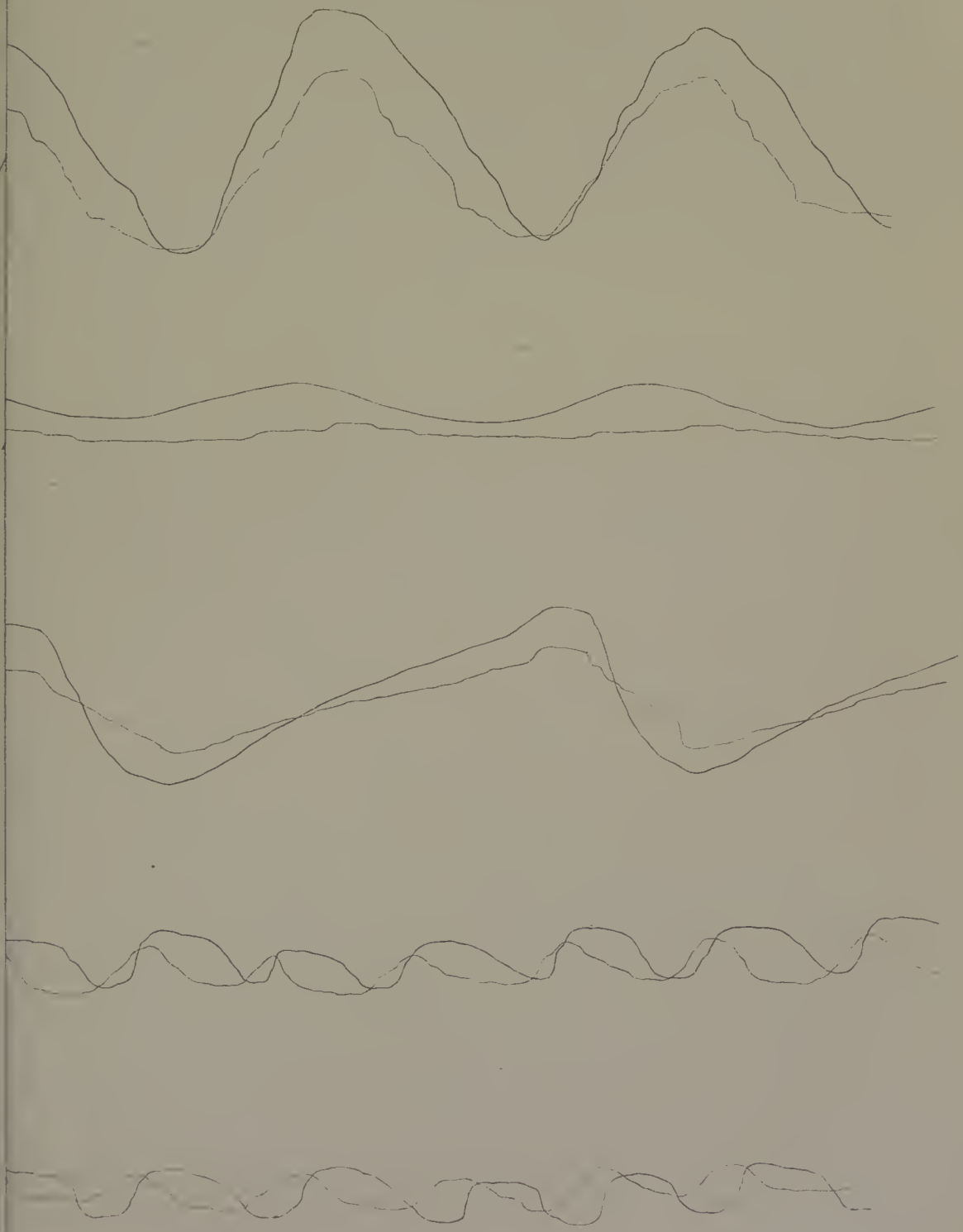
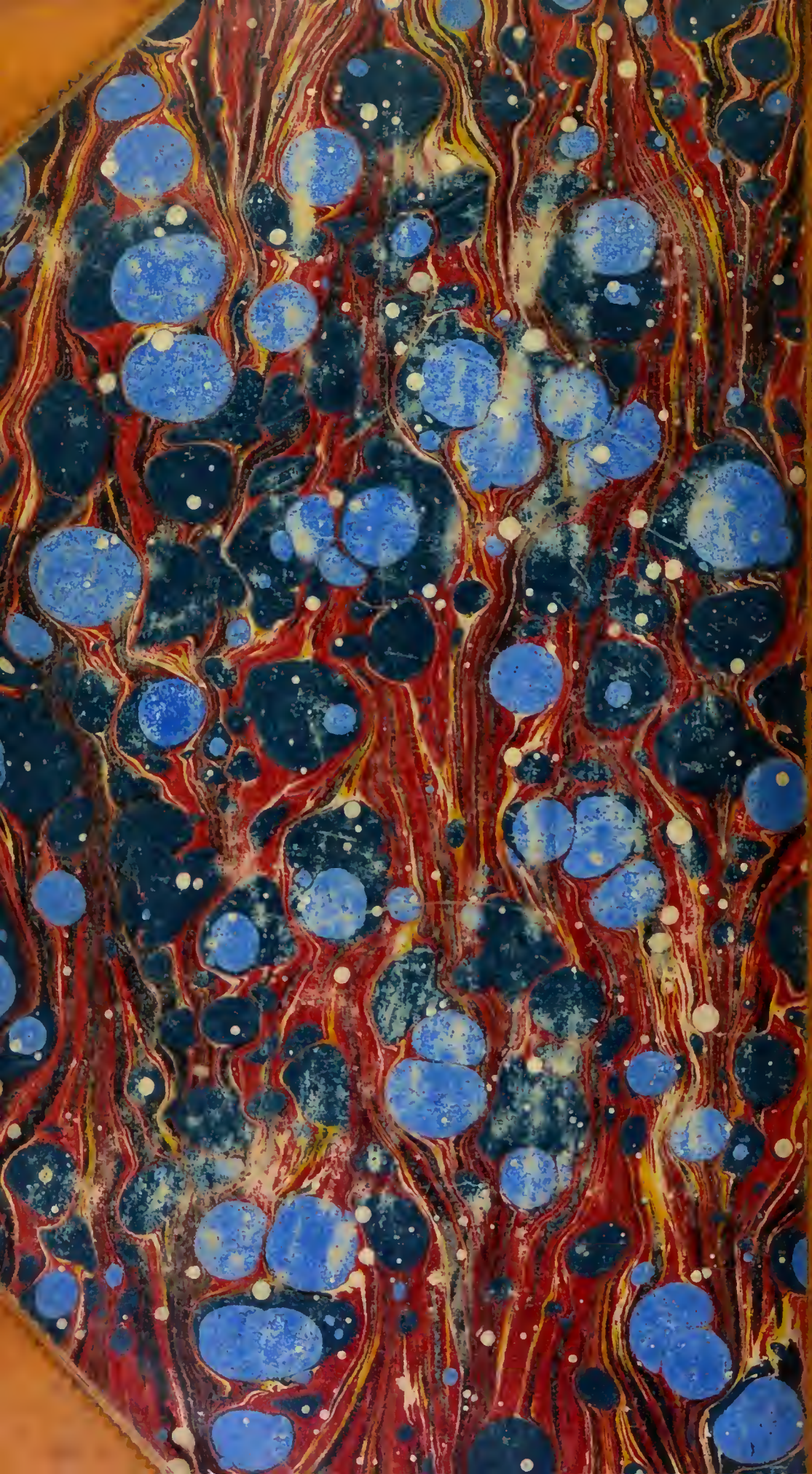
Verlag v. A. Stuber's Buchhdlg. Würzburg

Riegel, Athembewegungen.

F.E. Thein'sche Druckerei, Würzburg



Verlag v. A. Stuber, Buchhdlg., Würzburg.

Riegel, Athembewegungen.

F. E. Thein'sche Druckerei, Würzburg.